

德儒巴软件

RFEM 6

案例教程手册

门式钢架



德儒巴软件（上海）有限公司

2022 年 7 月

版 权 声 明

RFEM 计算机程序以及全部相关文档是受专利权法和著作权法保护的产品，版权属于德儒巴软件有限公司。未经德儒巴软件有限公司的书面许可，不得以任何形式、任何手段复制本产品或文档的任何部分。

德儒巴软件（上海）有限公司
联系电话：18389356559(微信同号)
邮箱：info@dlubal.com
网址：www.dlubal.com
微信公众号：DLUBAL

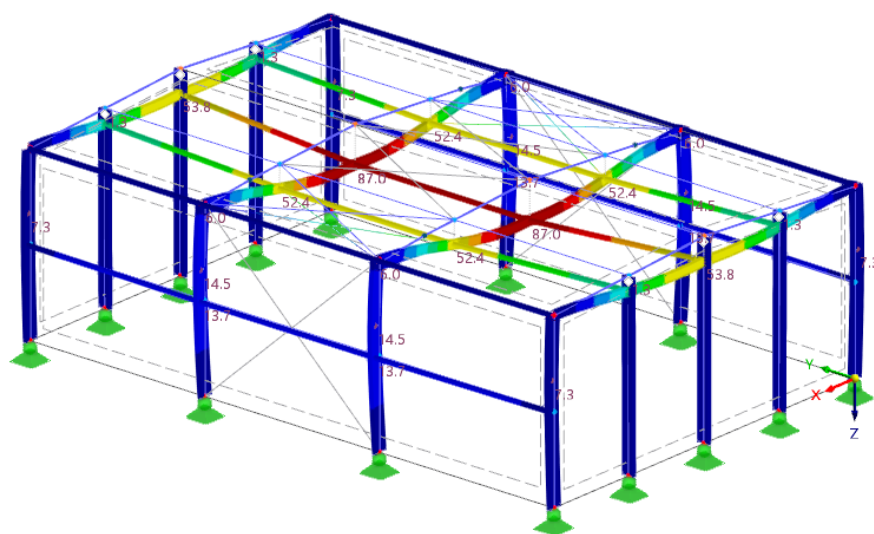
案例 1 门式钢架案例分析与对比

摘要:

建立门式钢架模型，使用 RFEM 6 完成结构静力分析、应力分析。

教程目录

1. 模型信息.....	1
2. 建立模型.....	1
2.1 创建模型文件.....	1
2.2 新建材料和截面.....	3
2.3 创建结构模型.....	8
2.4 施加边界条件.....	17
2.5 施加荷载.....	18
3. 开始计算.....	20
4. 查看结果.....	21
5. 与 SAP2000 结果对比	22
5.1 RFEM 模型修改.....	22
5.2 SAP2000 模型创建	24
5.3 结果对比.....	27



1. 模型信息

通过建立一个三跨的门式钢架结构模型，详细介绍 RFEM 6 建立结构模型、施加荷载和边界条件、查看分析结果的步骤和方法。

模型的基本数据如下：(单位 mm)

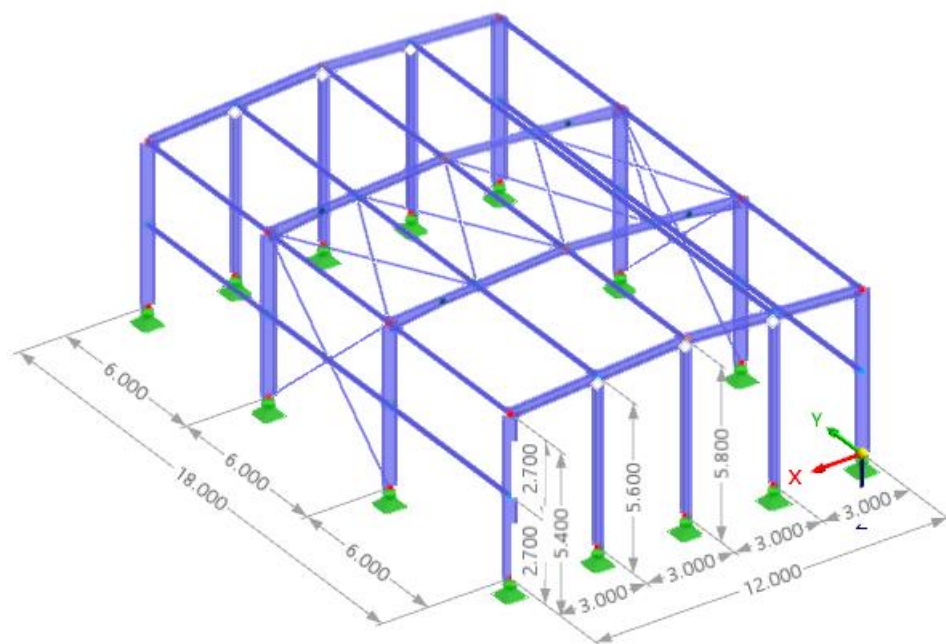


图 1-1 结构轴测图

轴线尺寸：见图 1-1 结构轴测图

抗风柱：H350x150x6x8

层高：5.4m~5.8m

中跨门钢梁：H400~250x150x6x8

门钢柱：H400x150x6x8

系杆：P125x5

斜撑：R16 圆钢

边跨门钢梁：H250x150x6x8

2. 建立模型

2.1 创建模型文件

1. 在桌面上双击 RFEM 6 图标, 打开 RFEM 6 程序>菜单栏的[文件]>[新

建], 打开[新建模型-基本数据]对话框。

2. 在对话框的[基本]选项卡中输入模型名称“门钢设计”。

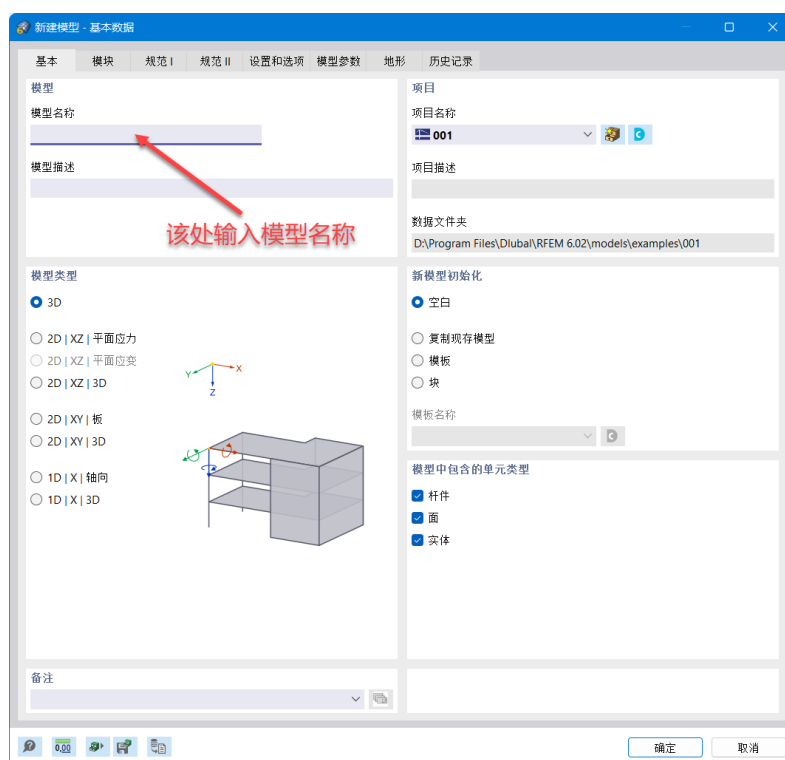


图 2-1 输入模型名称

3. 在对话框的[模块]选项卡中勾选[应力-应变分析]模块。

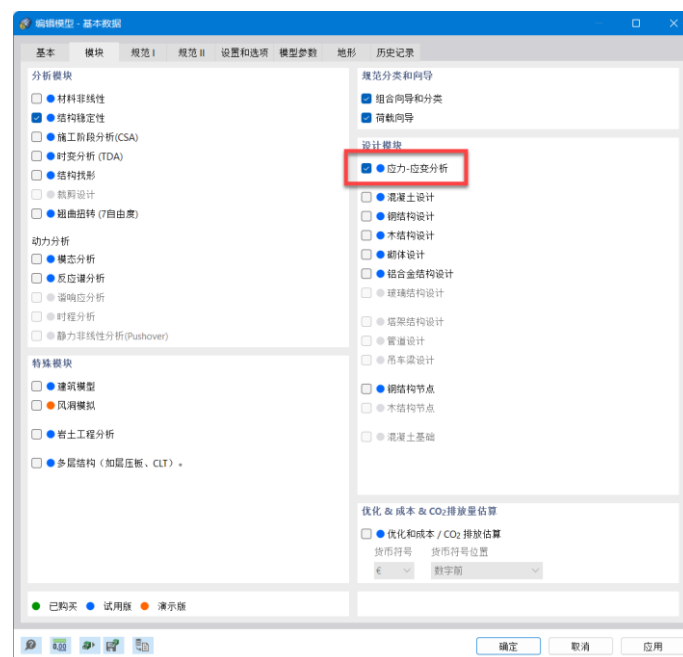


图 2-2 勾选相关模块

4. 在对话框的[规范 I]选项卡中, 将[荷载工况分类和组合向导]部分的规范选择为[GB 50068|GB 50011]; [荷载向导]部分的规范选择为[GB 50009];

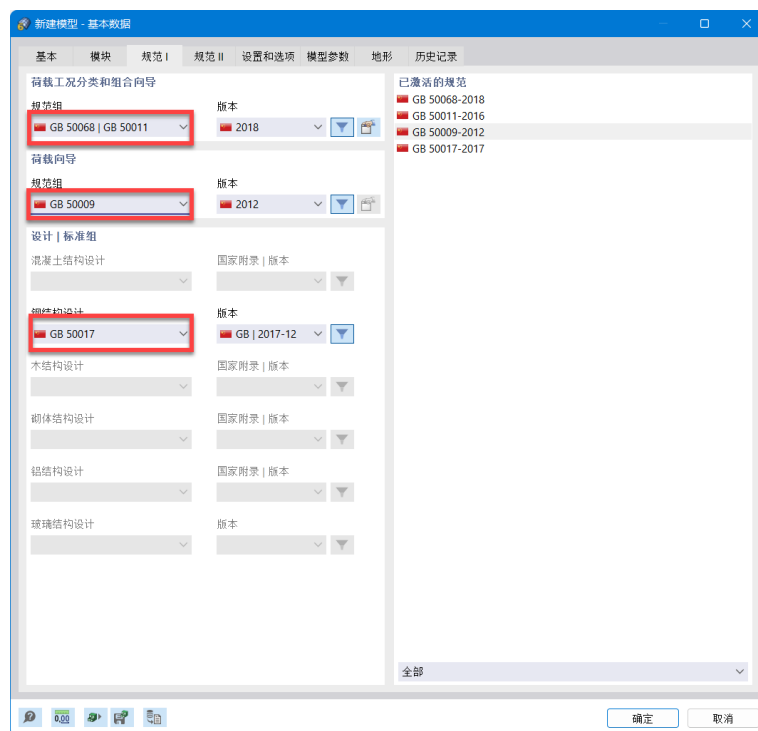


图 2-3 选择国标规范

注: 将[荷载向导]部分的规范选择为[GB 50009]时, 程序可能会提醒“所选的规范标准/附录没有完成风荷载, 你想继续吗?”, 点击[是]忽略该警告即可, 不影响计算。

5. 点击对话框右下角的[确定], 完成模型文件的创建。

2.2 新建材料和截面

1. 导航器>“门钢设计”>[基本对象]>[材料]>右键单击>[新建材料], 打开[新建材料对话框]。

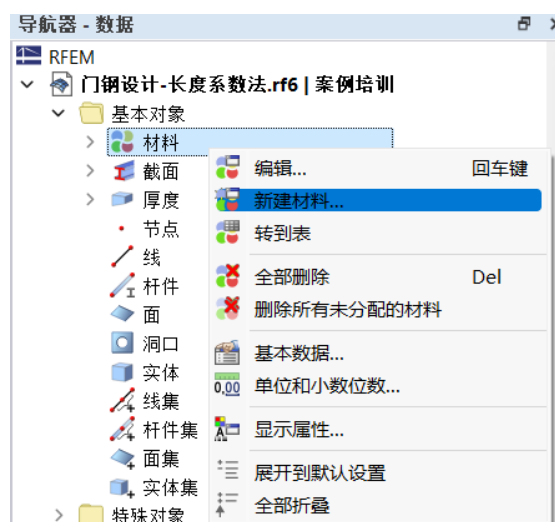


图 2-4 新建材料

2. 在[新建材料]对话框中, 点击  按钮, 打开[从库中选择材料]对话框。

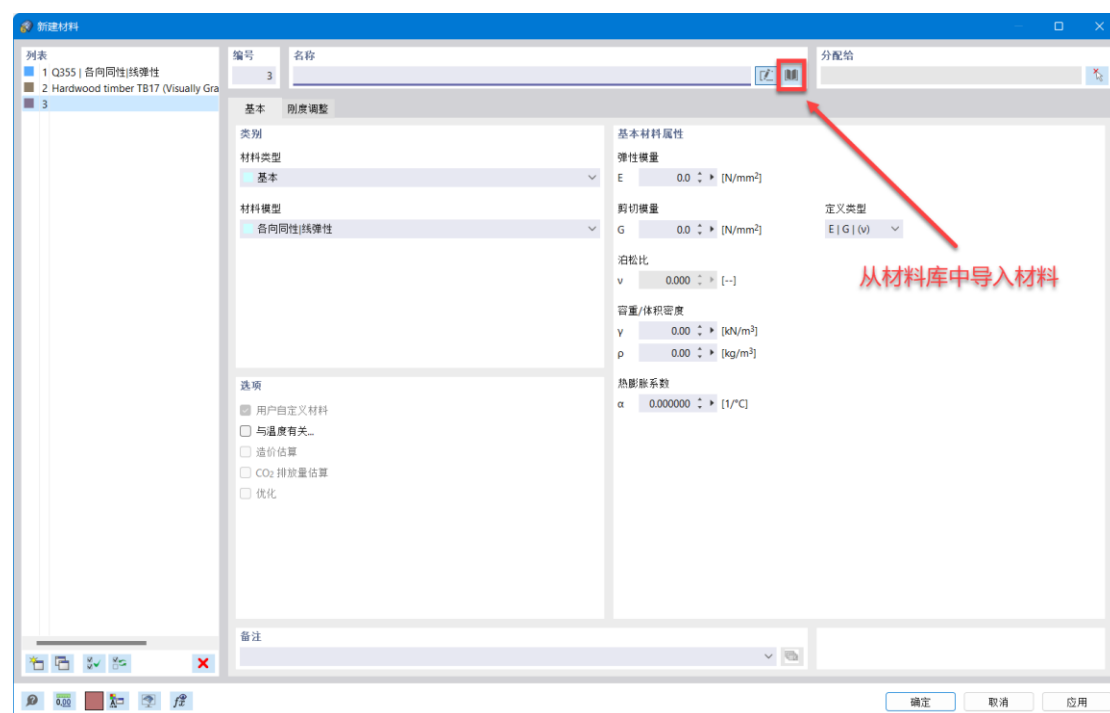


图 2-5 从材料库中导入材料

注: 创建模型文件时, 程序可能会预设一些材料。用户可以在[新建材料]对话框左侧的列表中查看程序预设的材料。

3. 在[从库中选择材料]对话框中, 选择 Q235 钢。点击对话框右下角[确定]后, 该对话框将被关闭, Q235 钢将被导入到模型中。

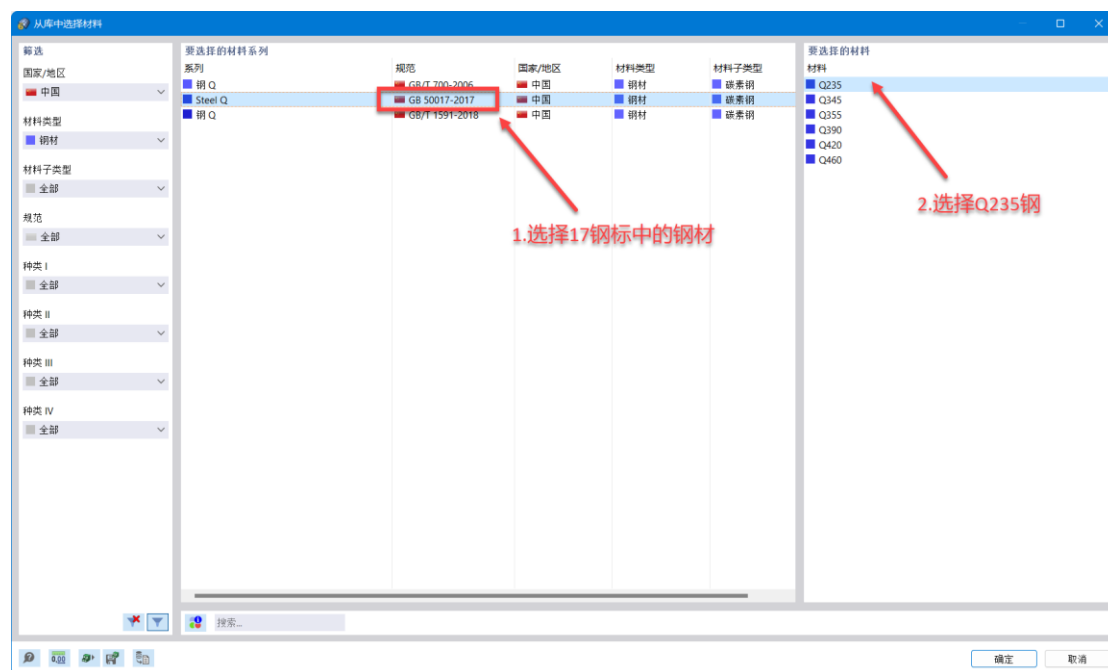


图 2-6 从材料库中导入 Q235 钢

4. 导入材料后，在[新建材料]对话框右下角点击[确定]，完成创建材料。
5. 导航器>“门钢设计”>[基本对象]>[截面]>右键单击>[新建截面]，打开[新建截面对话框]。

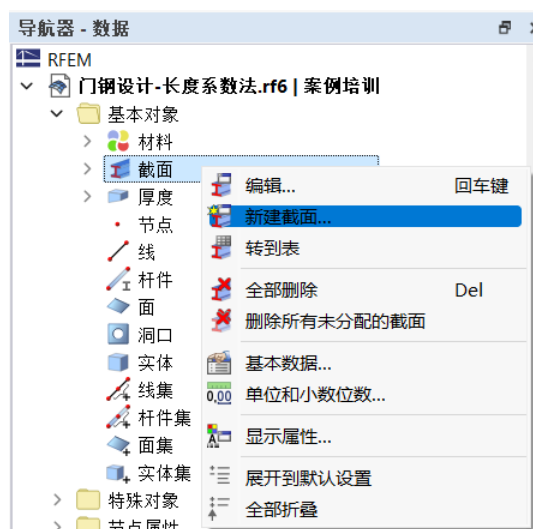


图 2-7 新建截面

6. 在[新建截面对话框]的[基本]选项卡中，在[材料]处将截面材料指定为 Q235；在[截面类型]中指定为[参数化-薄壁]；在[制造类型]中指定为[焊接]。

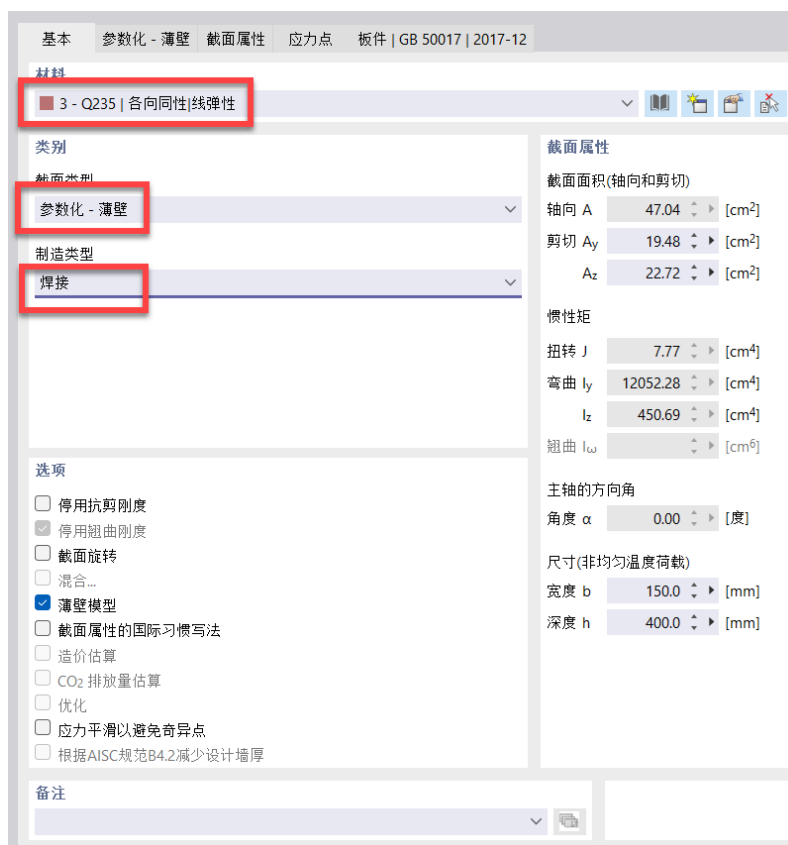


图 2-8 指定截面材料、类型和制造类型

注：“尺寸(非均匀温度荷载)”用于计算温度荷载相关的截面形状系数，并不是截面的实际尺寸。

7. 在[新建截面对话框]的[参数化-薄壁]选项卡中，定义截面尺寸：h: 250mm；b: 150mm；tw: 6mm；tf: 8mm；a: 0mm。

8. 重复步骤 5~6，并在[新建截面对话框]的[参数化-薄壁]选项卡中，定义截面尺寸：h: 400mm；b: 150mm；tw: 6mm；tf: 8mm；a: 0mm。

9. 复步骤 5~6，并在[新建截面对话框]的[参数化-薄壁]选项卡中，定义截面尺寸：h: 350mm；b: 150mm；tw: 6mm；tf: 8mm；a: 0mm。

10. 重复步骤 5，在[新建截面对话框]的[基本]选项卡中，在[材料]处将截面材料指定为 Q235；在[截面类型]中指定为[参数化-薄壁]；将截面形状选为“圆形空心截面”；在[制造类型]中指定为[热轧]。

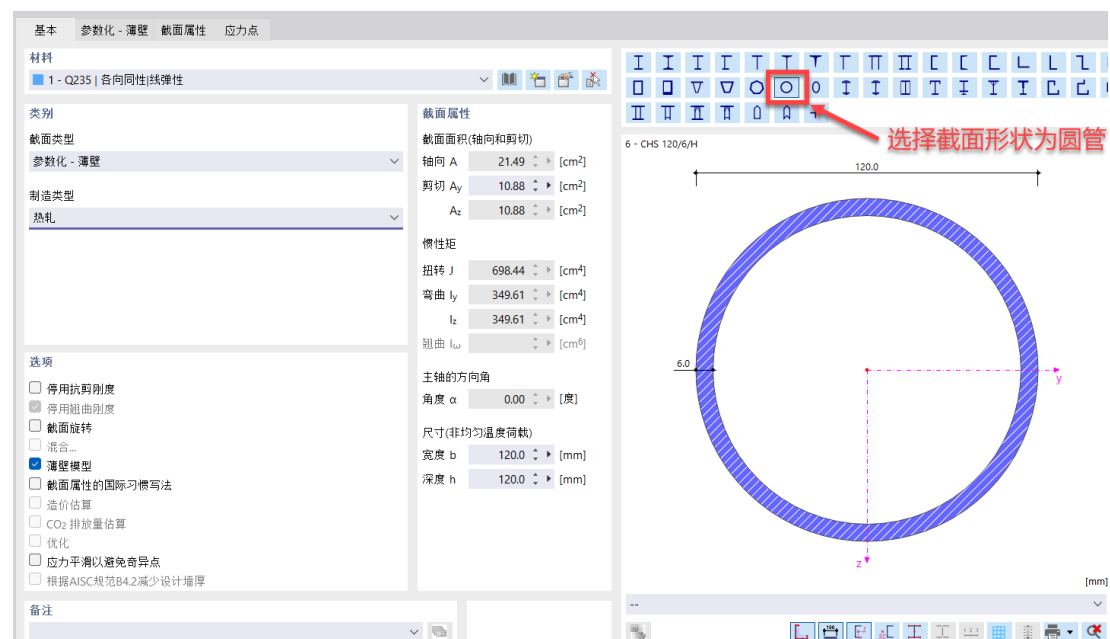


图 2-9 选择截面形状为圆管

11. 在[新建截面对话框]的[参数化-薄壁]选项卡中, 定义截面尺寸: d : 120mm; t : 5mm。

12. 重复步骤 5, 在[新建截面对话框]的[基本]选项卡中, 在[材料]处将截面材料指定为 Q235; 在[截面类型]中指定为[参数化-实心]; 将截面形状选为“圆钢”; 在[制造类型]中指定为[热轧]。

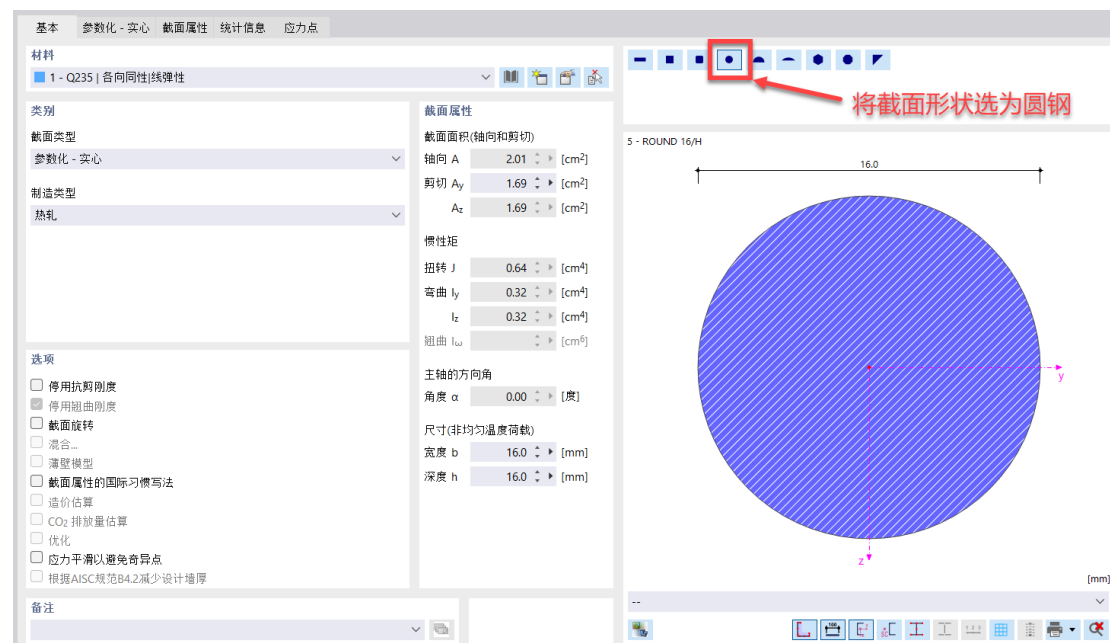





图 2-10 选择截面形状为圆钢

13. 在[新建截面对话框]的[参数化-实心]选项卡中, 定义截面尺寸: $d: 16\text{mm}$ 。

2.3 创建结构模型

1. 点击工具栏中的  按钮, 将工作平面设置为 XY 平面。
2. 点击工具栏中的  按钮, 打开[新建线]对话框。
3. 在[新建线]对话框中, 将[输入模式]设置为[长度和方向]>勾选[垂直于工作平面]>在[线的长度]处将线的长度输入为 5400。

注: 程序默认全局 z 方向向下, 使用步骤 3 的方法创建的线段朝向为竖直向下, 用户可以使用[新建线]对话框中的  按钮反转线段方向。程序默认将[栅格]打开, 鼠标会自动捕捉到栅格点上。程序默认栅格点间距为 $1\text{m} \times 1\text{m}$, 栅格点原点为 $(0,0,0)$ 。用户可以借助[栅格]辅助建模。

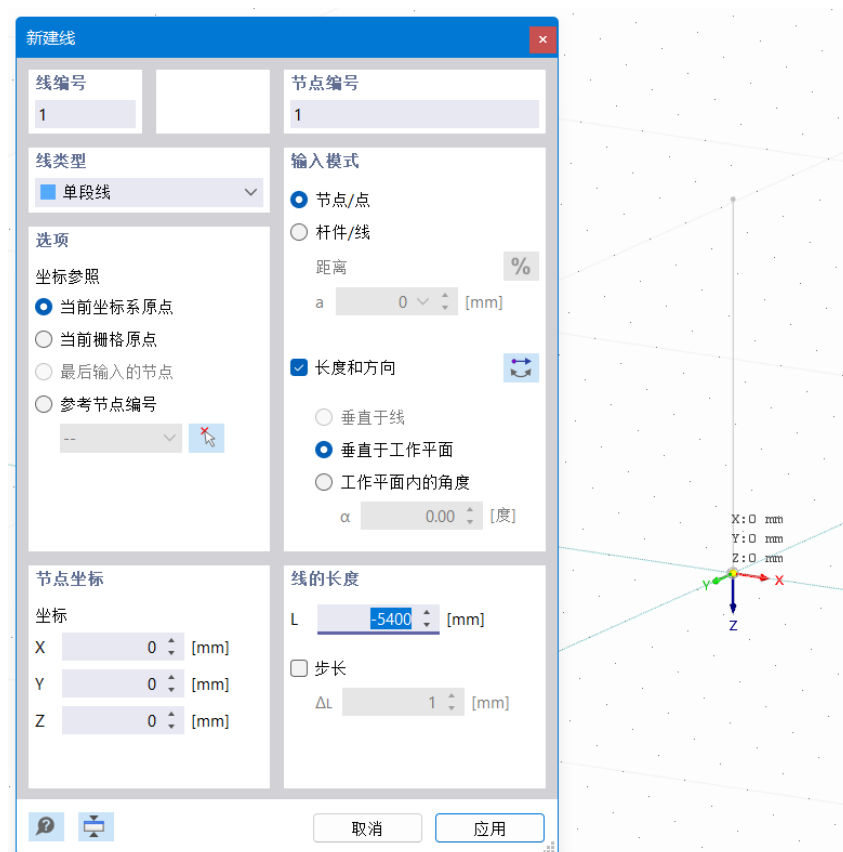


图 2-11 创建线

4. 在模型中将鼠标放置在点 $(0,0,0)$ 处>左键单击, 完成线的创建, 关闭[新建

线]对话框。

5. 在步骤 4 中创建的线段上右键单击>移动/复制>打开[移动/复制]对话框。

6. 在[移动/复制]对话框中，勾选[创建副本]>将位移向量的 X 分量设置为 12000mm>点击对话框右下角的[确定]

注：RFEM 6 中的移动和复制功能集成在一起，不勾选[创建副本]时为移动，勾选[创建副本]时为复制。




7. 点击工具栏中的  按钮右侧的 ，从中选择[两个节点之间]，打开[新建节点-类型“两个节点之间”]对话框。



图 2-12 选择[两个节点之间]

8. 点击对话框中的  按钮>在模型中选择两个线段的顶端节点>将 z_k 设置为 -400mm>点击对话框右下角的[应用]>关闭对话框。

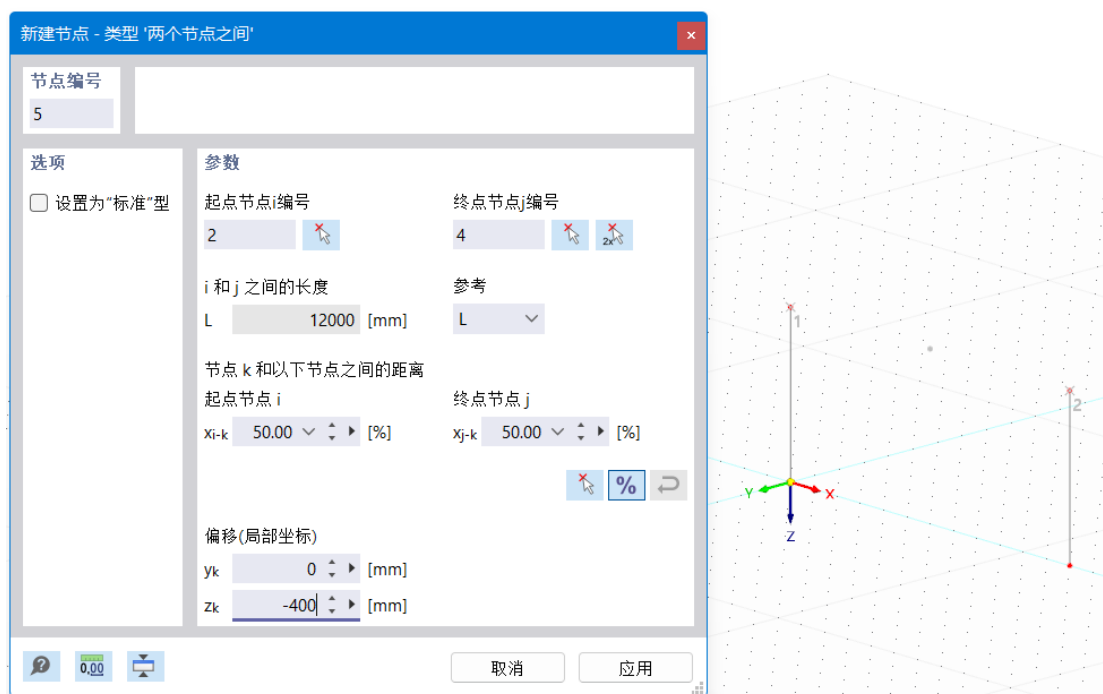



图 2-13 新建两个点之间的中点

9. 点击工具栏中的  按钮，打开[新建线]对话框>在模型中连接节点>关闭对话框。

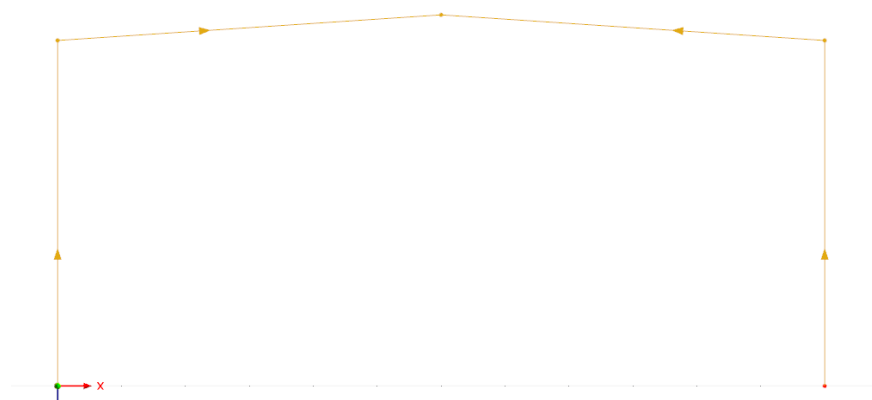


图 2-14 一榀刚架的线框图

注：注意连点画线时选取节点的顺序，线段具有方向，由始端节点指向末端节点。用户可以通过右键单击线段> 打开/关闭线的方向来查看线段的方向。

10. 选中竖直的两条线段>在线段上双击>打开[编辑线]对话框。

注：RFEM 6 中选择对象的方式与 AutoCAD 中类似：左键单击对象可以选中单个对象；按住 Ctrl 键，可以左键单击连续选中多个对象；从右向左可以框选所有选择框触碰的对象；从左向右可以框选选择框全部框选的对象。

11. 在[编辑线]对话框中，勾选[杆件]，为线段赋予杆件的属性，打开[新建杆件]对话框。

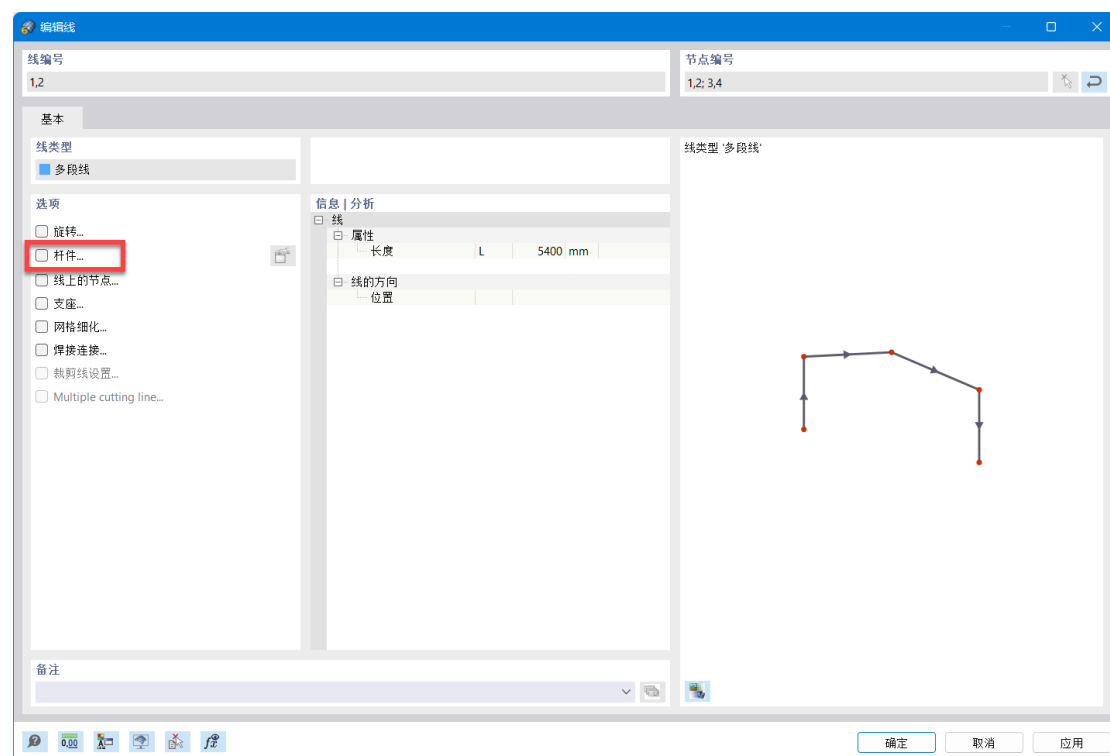


图 2-15 在[编辑线]对话框中勾选[杆件]

12. 在[新建杆件]对话框的[截面]选项卡中，将截面选择为“I 400/150/6/8”；点击对话框右下角的[确定]，关闭对话框，完成门钢柱的创建。

13. 选中斜向的两条线段>双击线段>打开[编辑线]对话框>勾选[杆件]>打开[新建杆件]对话框。

14. 在[新建杆件]对话框的[截面]选项卡中，将“分布类型”选择为“杆件始端楔形变截面”>“对齐方式”选择为“上”> $L_{z,i-k}$ 设置为 30%>“始端截面”选择为“I 400/150/6/8”>“末端截面”选择为“I 250/150/6/8”>点击对话框右下角的[确定]>关闭对话框，完成门钢梁的创建。

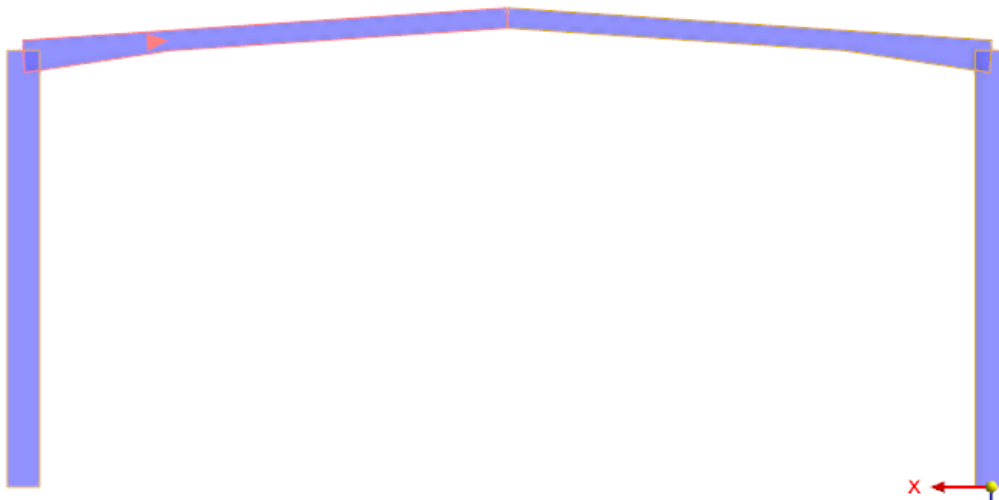


图 2-16 一榀刚架的创作

15. 选中所创建的一榀刚架，右键单击>杆件>划分杆件>n 个中间节点，打开[使用 n 个中间节点划分杆件]对话框。

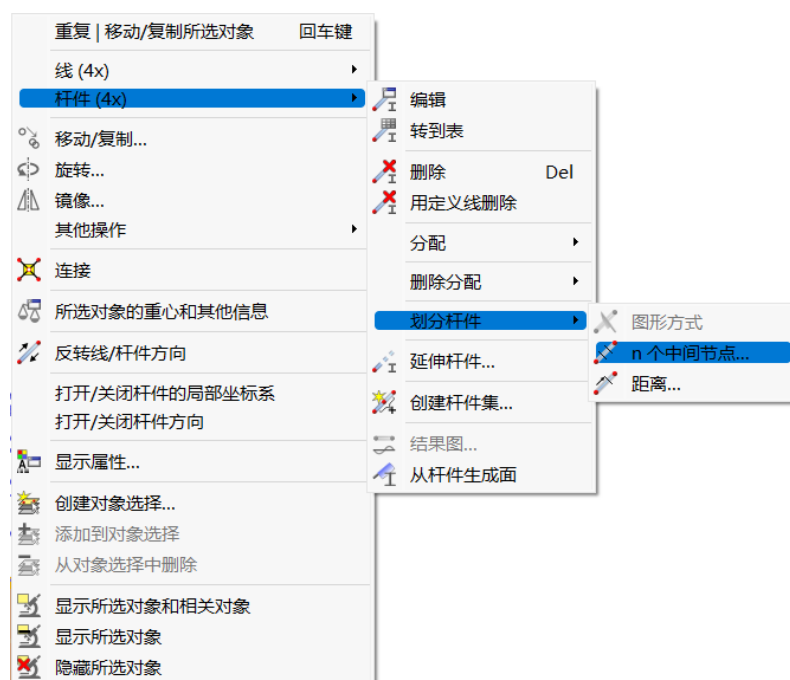


图 2-17 划分杆件

16. 在[使用 n 个中间节点划分杆件]对话框中，勾选[不划分杆件，仅在杆件上创建节点]。

注：该类节点不会将杆件打断，在处理与计算长度相关的情况时较为简便。
步骤 16 的操作在门钢梁和门钢柱上创建了中点。

17. 选中所创建的一榀刚架，右键单击>移动复制>勾选“创建副本”>复制次数设置为3>位移向量的Y分量设置为6000mm。

注：按住 shift 键可以减选。用户可以取消选中变截面的辅助节点和门钢柱的柱底节点。

将[移动/复制]对话框切换到[编号和选项]选项卡>勾选[步间连接]。

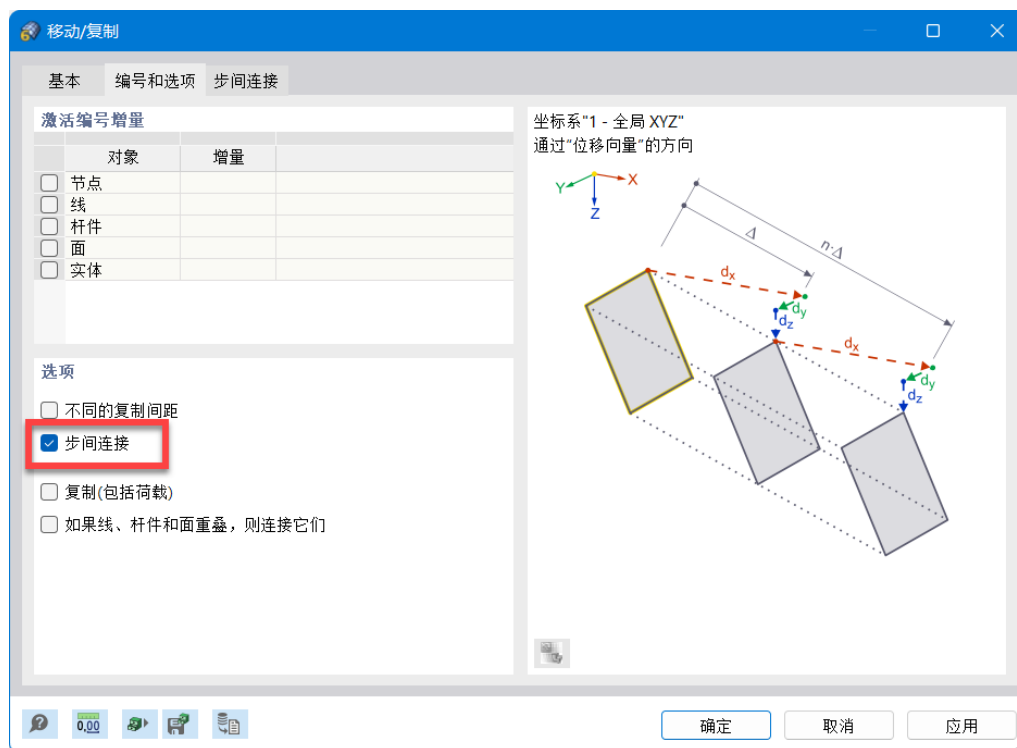



图 2-17 勾选[步间连接]

18. 将[移动/复制]对话框切换到[步间连接]选项卡>勾选[用杆件连接节点]>点击  按钮>打开[新建杆件]对话框。

19. 在[新建杆件]对话框[基本]选项卡中，将[杆件类型]选为[桁架(只有轴力)]>切换到[截面]选项卡>将截面选择为“CHS 120/5/H”>点击对话框右下角[确定]，关闭[新建杆件]对话框。

注：步骤 18、19 的操作使复制出节点之间互相用系杆连接。桁架(只有轴力)是一种特殊的杆件类型，只能承受和传递轴力，无法在杆身上施加荷载，杆件端部的转角(弯曲转角和扭转转角)被完全释放。

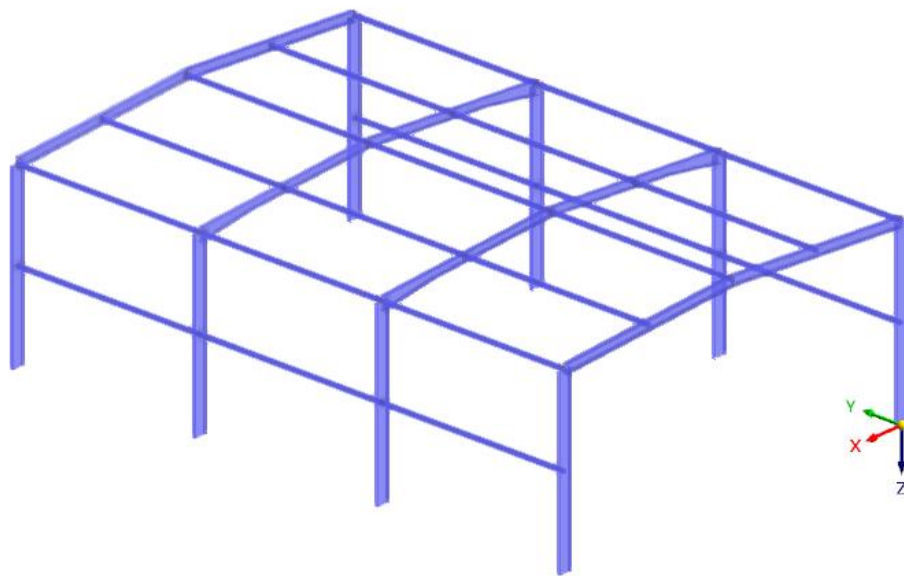



图 2-18 复制、步间连接快速创建系杆

20. 选中边跨门钢梁，双击>打开[编辑杆件]对话框>切换到[截面]选项卡>将[分布类型]选为[均匀]>将截面选为“I 250/150/6/8”>点击对话框右下角[确定]。关闭[编辑杆件]对话框。

注：由于边跨梁受荷面积为中跨的一半，故边跨梁截面可以适当减小。

21. 选中边跨门钢梁与系杆的交点节点>右键单击>其他操作>投影，打开[投影]对话框。

22. 在[投影]对话框中，将方向改为“Z 向”>将目标平面定义方式改为“三个点”>依次选择三个柱底节点>点击对话框右下角[确定]，关闭[投影]对话框。

23. 点击工具栏中的  按钮，打开[新建线]对话框>在模型中连接投影的节点与系杆和边跨门钢梁的交点>关闭对话框。

注：步骤 23 是为了创建抗风柱对应的线，注意连接线时选择节点的先后顺序：先选择柱底节点，再选择柱顶节点，以便后续处理。

24. 选中抗风柱所对应的线>双击线段>勾选[杆件]，打开[新建杆件]对话框>在[基本]选项卡中勾选[铰]>切换到[截面]选项卡，将截面选择为“I 350/150/6/8”，转角 β 设置为 90° >切换到[铰]选项卡>在[杆端铰-杆件末端 j]下拉菜单中选择[新建杆端铰]，打开[新建杆端铰]对话框。

25. 在[新建杆端铰]对话框中，勾选 $u_x \varphi_x \varphi_y$ >点击对话框右下角[确定]，关闭

[新建杆端铰]对话框。

注：该处杆端铰意味着抗风柱与门钢梁之间的连接，仅可以传递剪力和扭矩，无法传递弯矩和轴力。

铰条件		
平移	弹簧常数	非线性
<input checked="" type="checkbox"/> u_x	$C_{u,x}$ 0.00 [kN/m]	无
<input type="checkbox"/> u_y	$C_{u,y}$ [kN/m]	无
<input type="checkbox"/> u_z	$C_{u,z}$ [kN/m]	无
转动	弹簧常数	非线性
<input type="checkbox"/> φ_x	$C_{\varphi,x}$ [kNm/rad]	无
<input checked="" type="checkbox"/> φ_y	$C_{\varphi,y}$ 0.000 [kNm/rad]	无
<input checked="" type="checkbox"/> φ_z	$C_{\varphi,z}$ 0.000 [kNm/rad]	无



图 2-19 定义铰条件

26. 点击[新建杆件]对话框右下角的[确定]，关闭[新建杆件]对话框，完成抗风柱的创建。

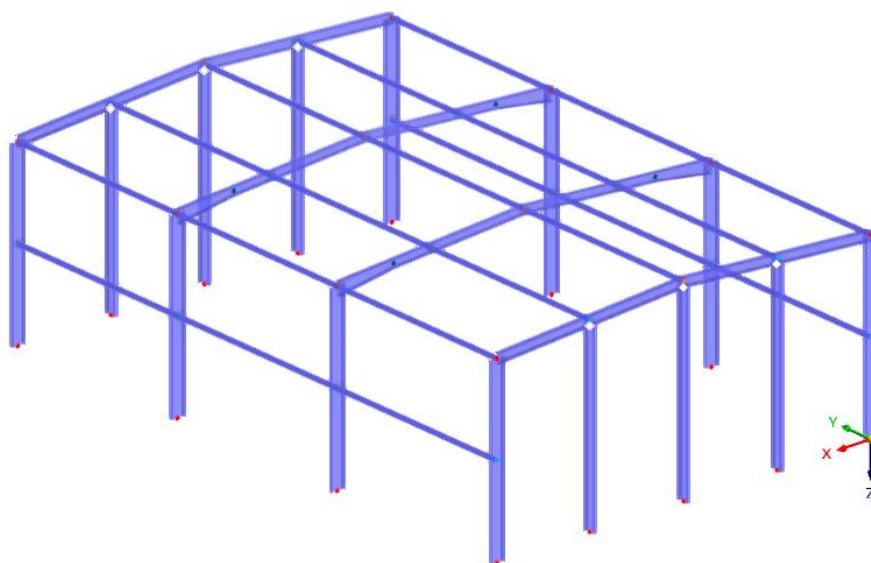


图 2-20 完成抗风柱的创建

27. 菜单栏[选项]>[程序选项]>打开[程序选项和设置]对话框>取消勾选[自动连接线/杆件]>点击对话框右下角的[确定]，关闭对话框。

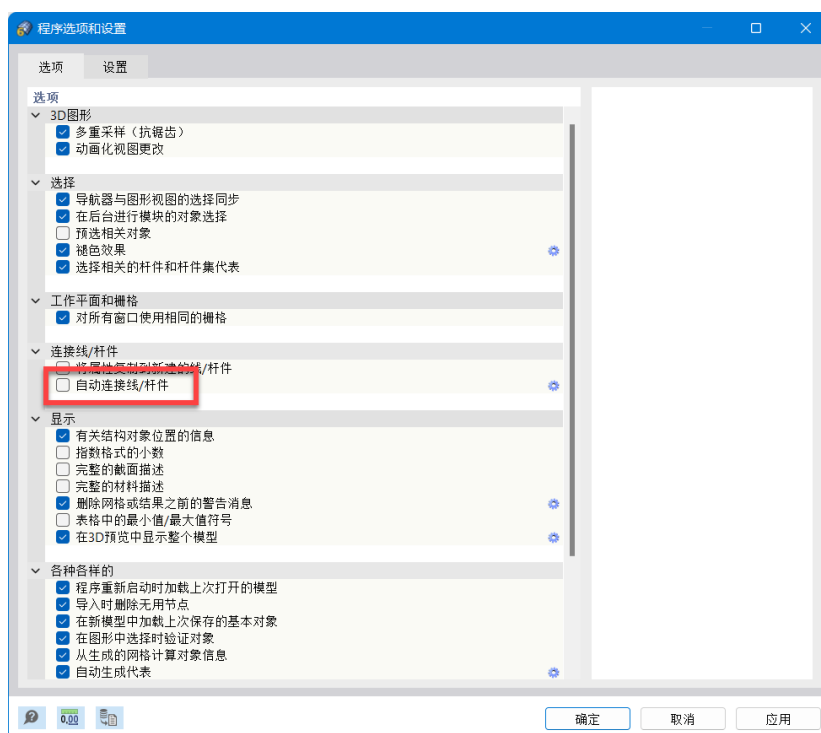



图 2-21 取消勾选[自动连接线/杆件]

注：程序默认线段和杆件交叉时互相打断，取消勾选该选项后，线段和杆件相交不会互相打断，适用于创建交叉斜撑。

28. 点击工具栏中的  按钮，打开[新建线]对话框>在中间跨创建交叉支撑对应的线>关闭对话框。

29. 选中交叉支撑对应的线>双击线段>勾选[杆件]，打开[新建杆件]对话框>在[基本]选项卡中将杆件类型设置为[拉杆]>切换到[截面]选项卡中，将截面选择为“ROUND 16/H”>点击对话框右下角[确定]，关闭[新建杆件]对话框。

注：[拉杆]是一种特殊的[桁架(只有轴力)]，该类型的杆两端转角完全释放，只有轴向刚度，只能承受和传递轴力；没有弯曲刚度和剪切刚度，不能承受弯矩和剪力；该类型杆件受拉时正常工作，受压时退出工作，是一种非线性杆件。

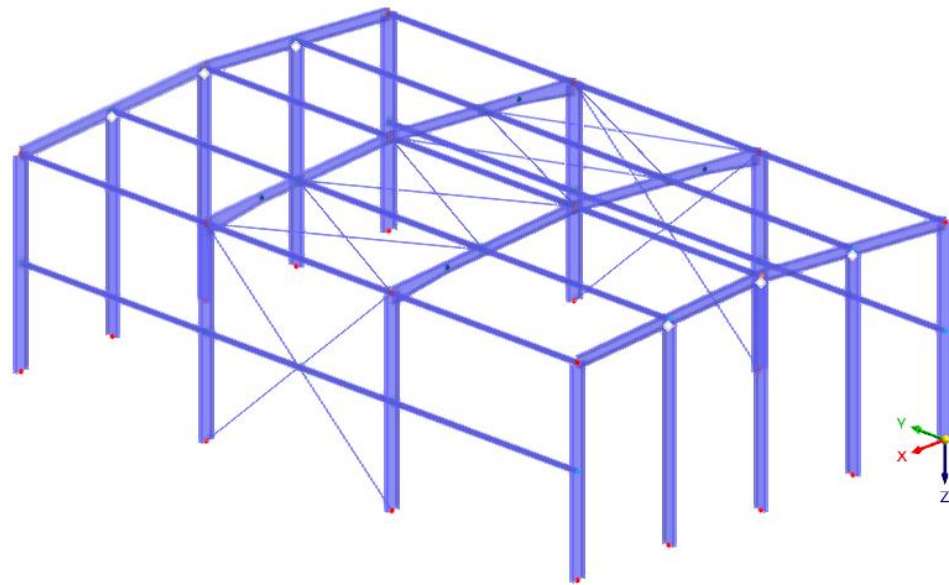



图 2-22 完成交叉支撑的创建

2.4 施加边界条件

1. 点击工具栏中的  按钮>打开[分配节点支座]对话框>[节点支座]类型选择为[铰接]>点击对话框右下角的[确定]>选择需要分配支座的柱底节点。

注：程序预设了[铰接]、[固定]等常用的支座类型。

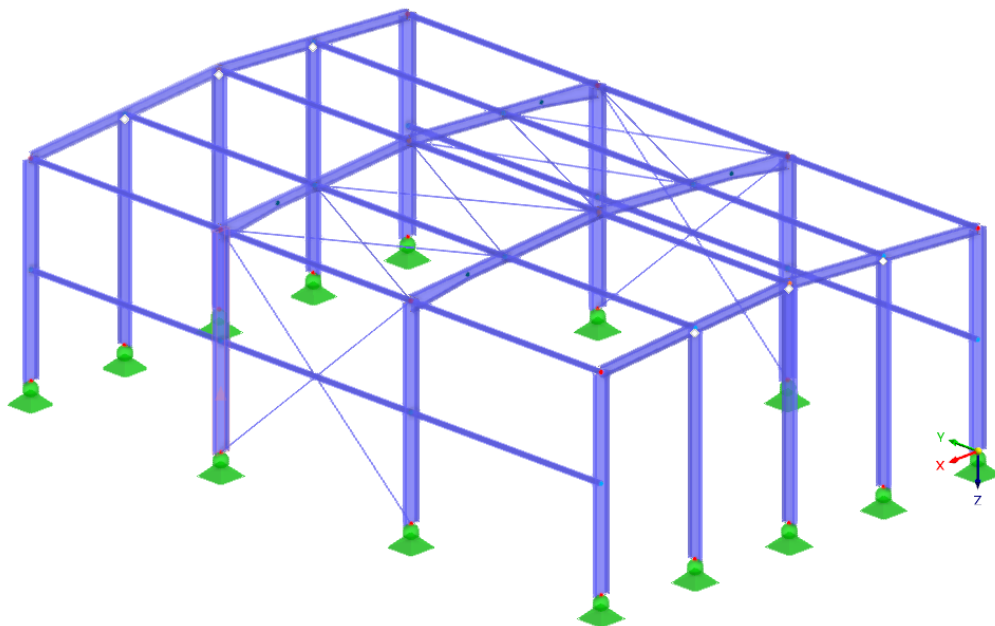



图 2-23 分配节点支座

2.5 施加荷载

1. 创建导荷虚面。使用工具栏中的  按钮>选择创建多边形面>打开[创建多边形面]对话框>“刚度类型”选择导荷虚面>点击对话框右下角[确定]。

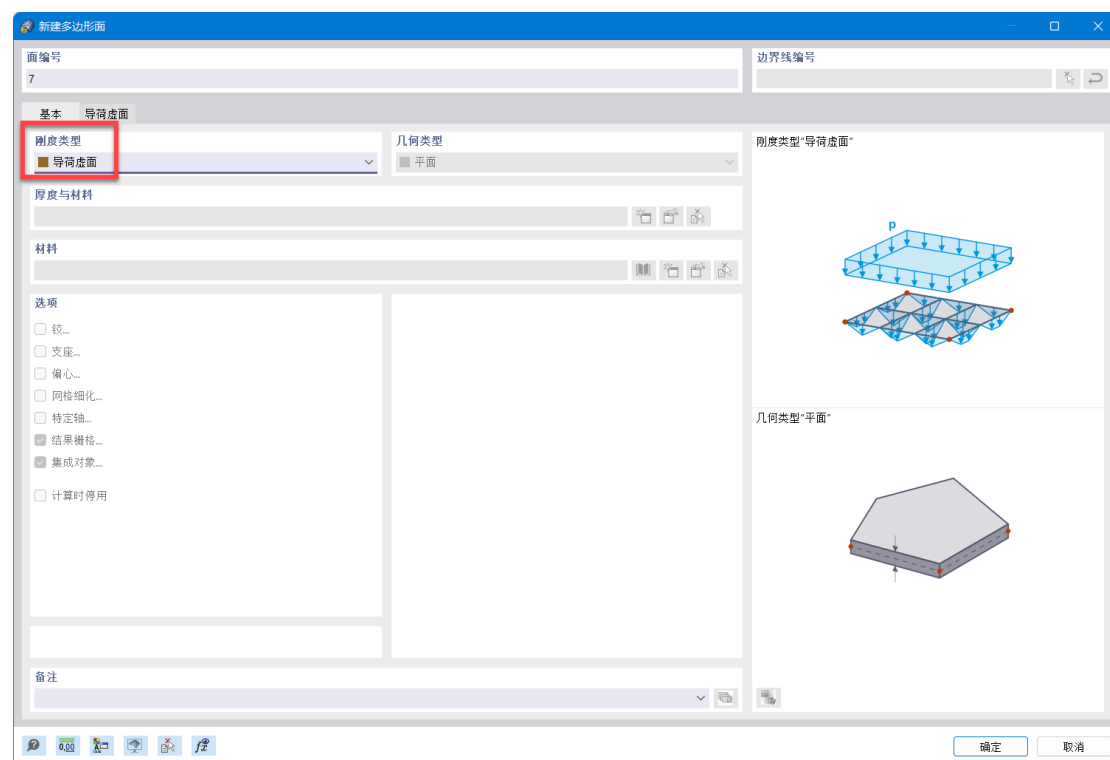


图 2-24 新建导荷虚面

注：导荷虚面是一种虚拟的面，用于将面荷载导算为杆件荷载。

2. 依次在模型中指定多边形面的各个角点>指定完最后一个角点后，右键单击完成创建。

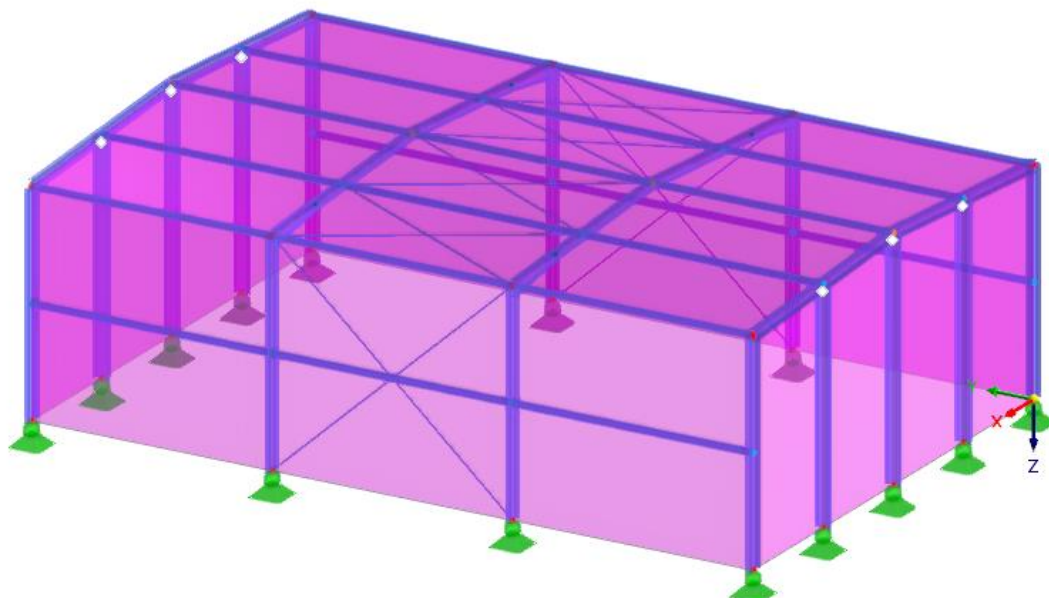


图 2-25 完成创建导荷虚面

3. 双击导荷虚面>打开[编辑面]选项卡>切换到[导荷虚面]选项卡>选择不需要传导荷载的杆件。

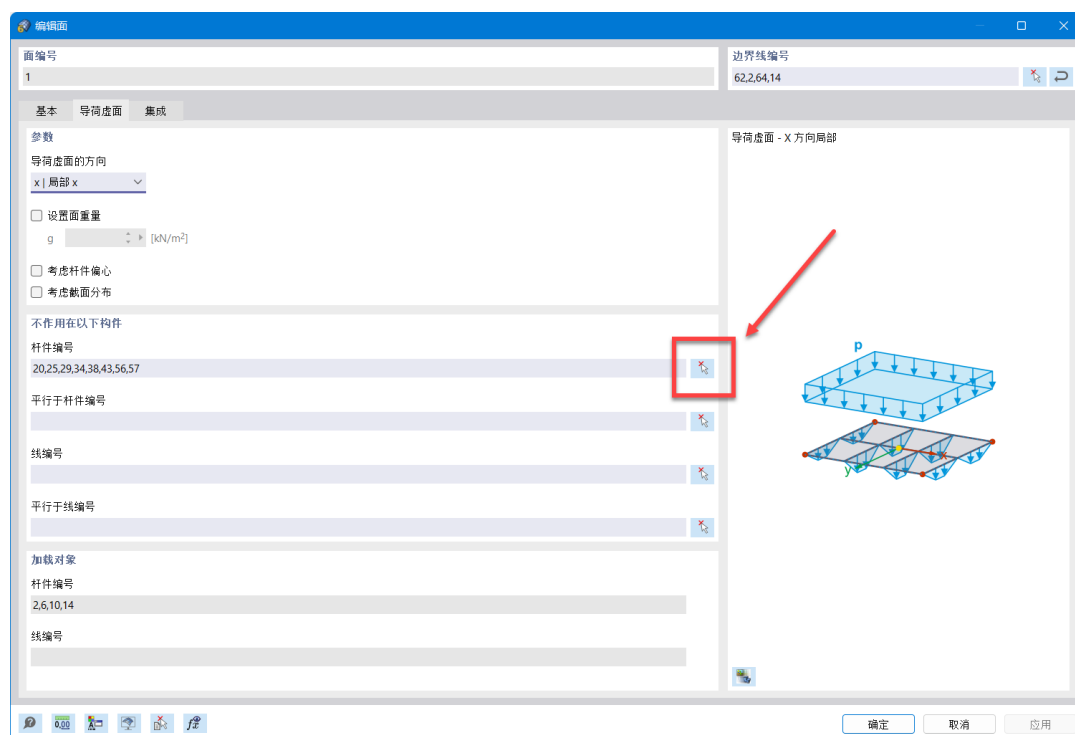



图 2-26 选择不需要传导荷载的杆件

注：系杆、交叉斜撑可不直接承受荷载，可以将这些杆件排除在导荷之外。

4. 使用工具栏中的  按钮>打开[新建面荷载]对话框>荷载大小设置为 $2kN/m^2$ >点击对话框右下角[确定]>选择屋顶的两个导荷虚面。

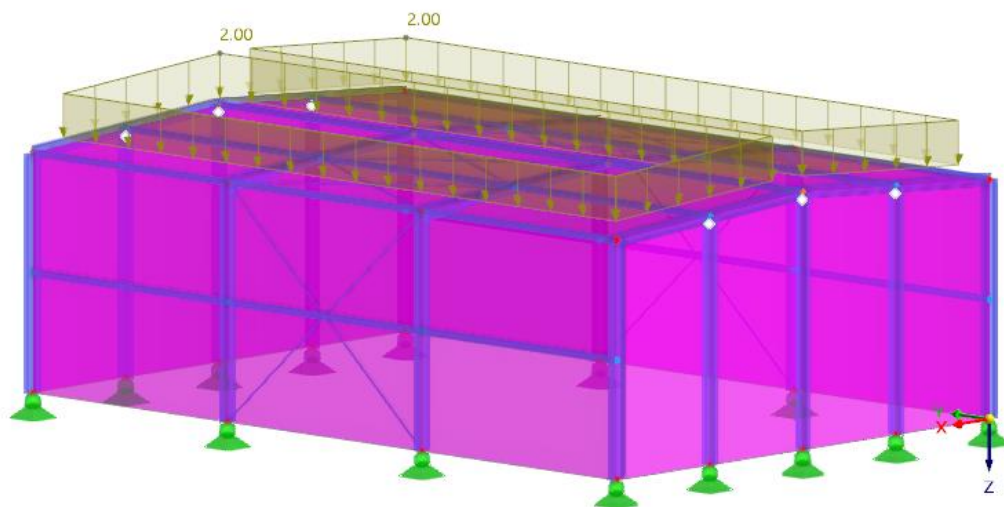


图 2-27 施加屋面恒荷载

注：由于仅为演示，本案例中仅施加恒荷载。

3. 开始计算

1. 菜单栏[计算]>[计算当前荷载]。



图 3-1 开始计算

注：用户也可使用 F5 来使程序开始计算。

4. 查看结果

1. 计算完成后，用户可以查看自重下结构的变形。

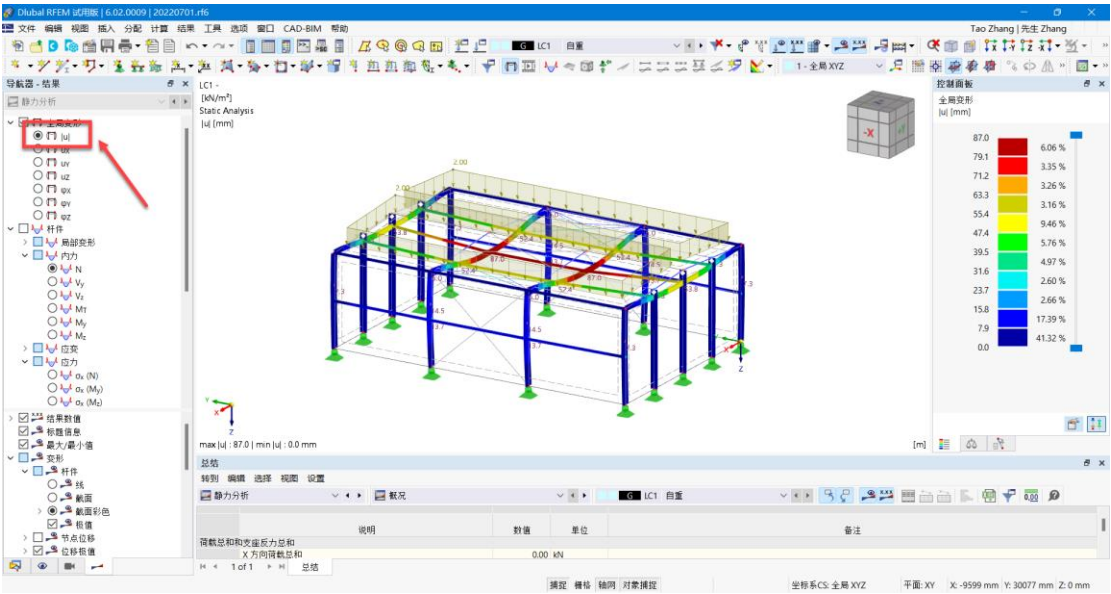


图 4-1 查看全局变形

2. 也可查看杆件的应力。

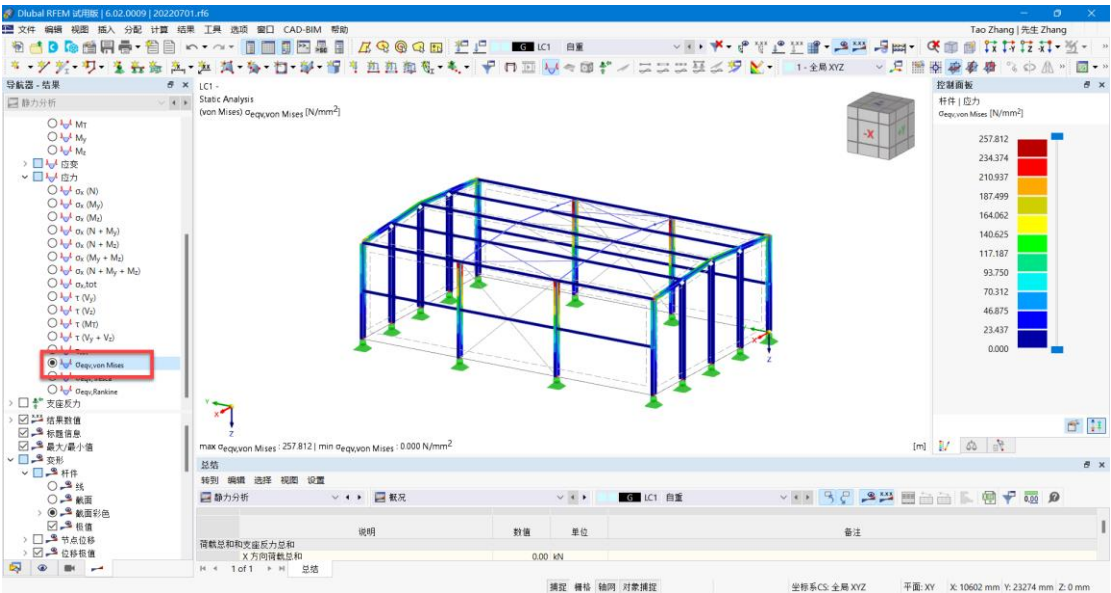


图 4-2 查看结构应力

5. 与 SAP2000 结果对比

SAP2000 对照模型的信息如下：

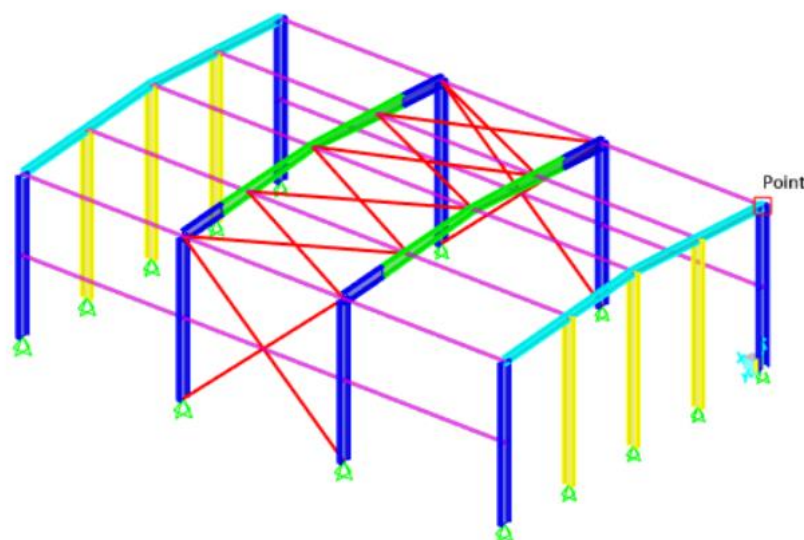


图 5-1 SAP2000 模型

SAP2000 对照模型中，除交叉支撑外，杆件类型均为“框架”，通过指定“端部释放”来模拟桁架。同时进行 RFEM 模型的杆件类型修正，使两个模型可以更好的对照。

5.1 RFEM 模型修改

注：为了方便习惯使用 sap 的用户理解，使得两个软件建模方面的定义和设置更加相似，减少对对照组之间自变量的影响。RFEM 的杆件类型定义比较丰富，因此我们做了以下修改。经过测算，修改与否并不对计算结果造成影响。

1. 在 RFEM 中，选中所有系杆>双击>打开[编辑杆件]对话框>在[基本]选项卡中将[杆件类型]修改为“梁”>在[基本]选项卡中勾选[铰]。

注：用户可以通过以下方式快速选中全部系杆：在导航器中左键单击系杆所对应的截面，单击后模型中所有使用该截面的杆件将被选中。

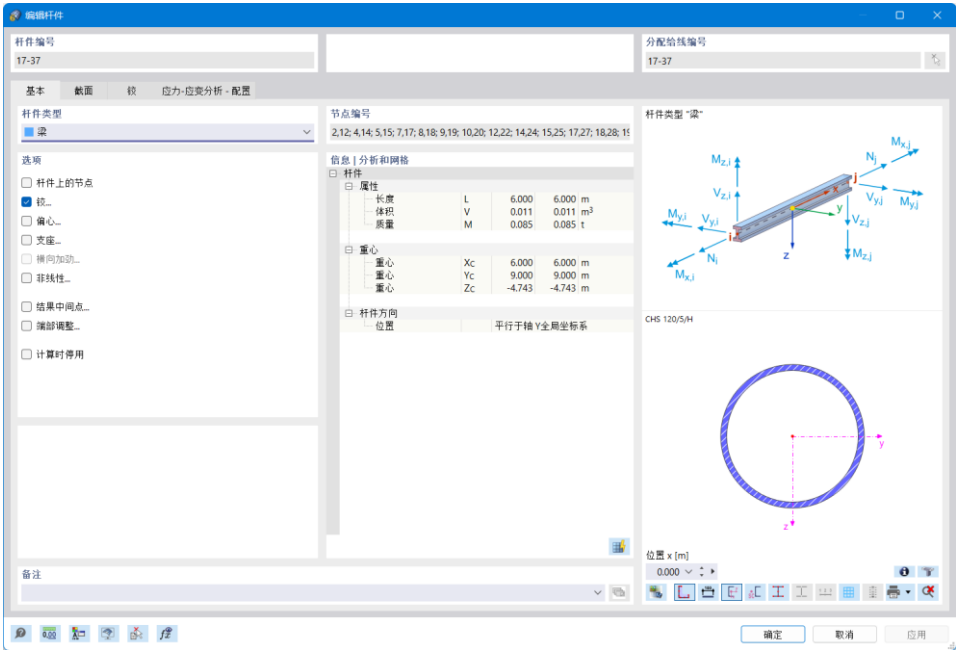


图 5-2 修改系杆的杆件类型为梁

2. 切换到[铰]选项卡。为杆件始端节点和末端节点指定杆端铰，将 y 方向、 z 方向转角释放>点击对话框右下角[确定]。

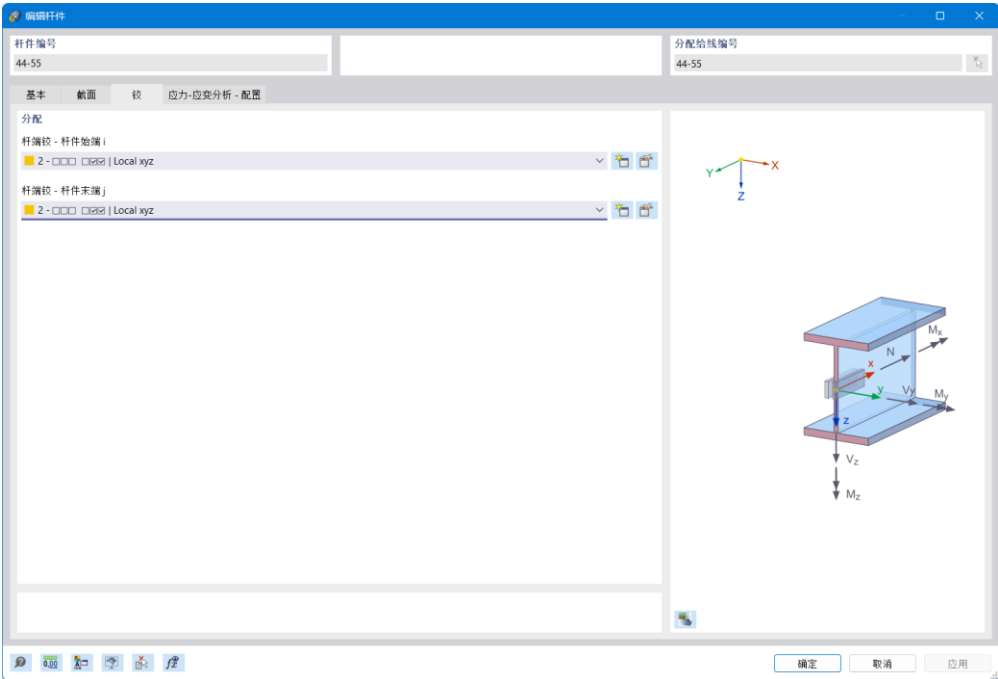


图 5-3 为系杆指定杆端铰

5.2 SAP2000 模型创建

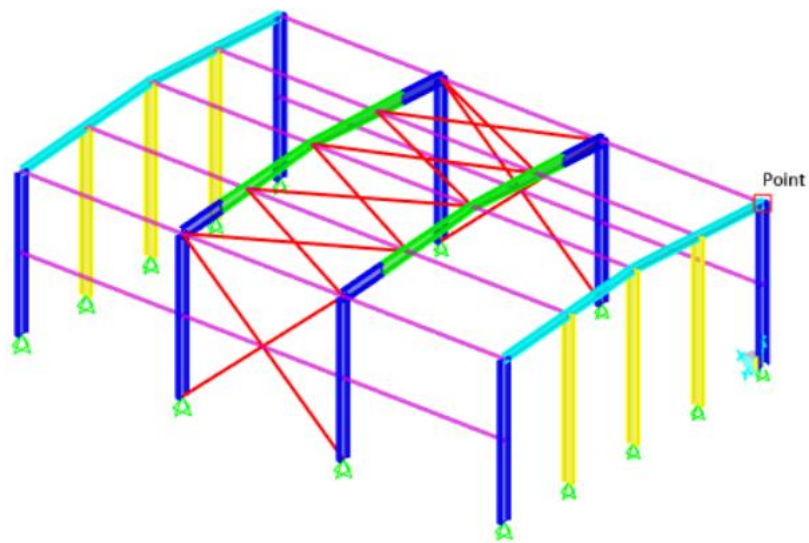


图 5-4 SAP2000 模型

1. SAP2000 中框架截面如下：

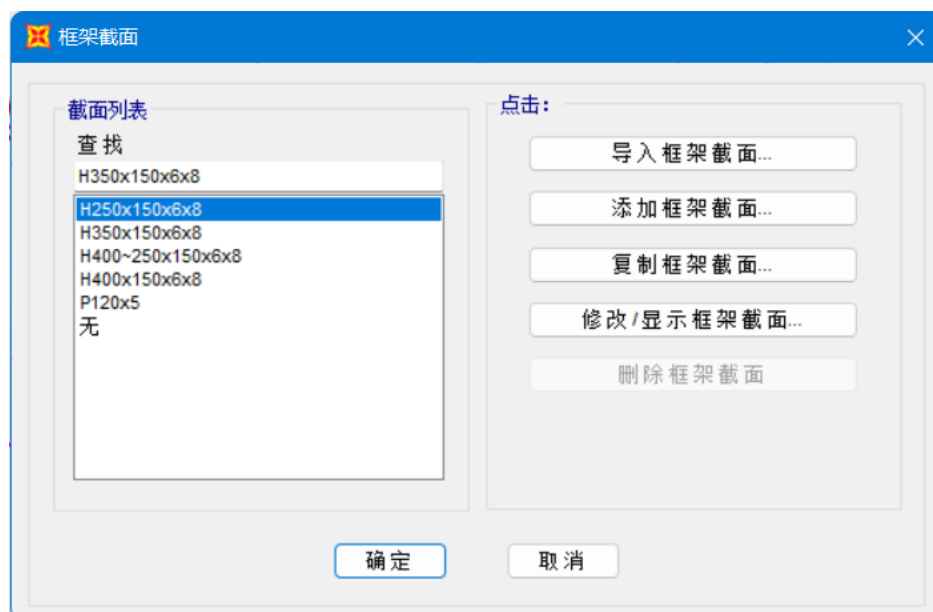


图 5-5 SAP2000 中框架截面

交叉支撑截面如下：



图 5-6 sap2000 中交叉支撑的截面

注：“H400~250x150x6x8”为变截面梁，变截面位置从距离杆件始端 30% 的位置开始变截面。

2. SAP2000 中手动将屋面恒荷载导算为屋面梁的“框架荷载”。其中，中跨门钢梁的荷载为 $2\text{kN/m}^2 \times 3\text{m} = 6\text{kN/m}$ ，边跨门钢梁的荷载为 $2\text{kN/m}^2 \times 6\text{m} = 12\text{kN/m}$ 。

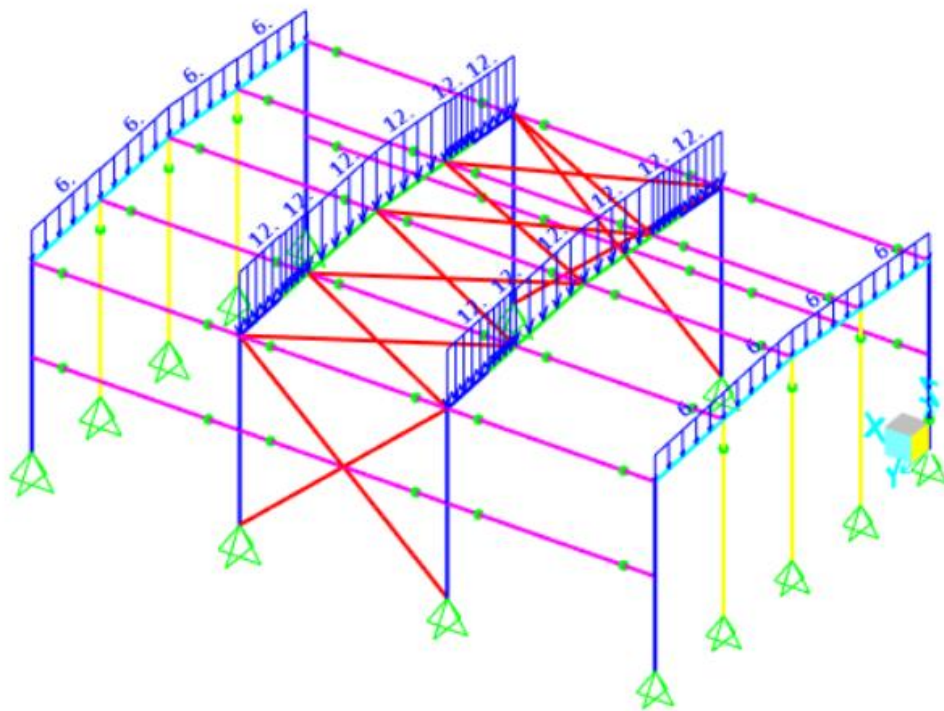


图 5-7 SAP2000 中荷载的施加

3. SAP2000 中支座设置与 RFEM 中一致。



图 5-8 sap2000 中指定节点支座

5.3 结果对比

1. 支座反力比较(支座反力参照全局坐标系进行表示，偏差指的是 SAP 支座反力的合力的相对于 RFEM 的偏差):

支座编号	SAP2000			RFEM 6			偏差(%)
	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(kN)	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(kN)	
1	12.75	-0.0005	41.26	12.79	0	41.36	-0.25
2	0	0	1.9	0	0	1.94	-2.06
3	0	0	1.97	0	0	2.01	-1.99
4	0	0	1.9	0	0	1.94	-2.06
5	-12.75	-0.0005	41.26	-12.79	0	41.36	-0.25
6	25.81	1.08	79.4	26.63	1.06	79.33	-0.23
7	-25.81	1.08	79.4	-26.62	1.06	79.33	-0.22
8	25.81	-1.08	79.4	26.63	-1.06	79.33	-0.23
9	-25.81	-1.08	79.4	-26.62	-1.06	79.33	-0.22
10	12.75	0.0005	41.26	12.79	0	41.36	-0.25
11	0	0	1.9	0	0	1.94	-2.06
12	0	0	1.97	0	0	2.01	-1.99
13	0	0	1.9	0	0	1.94	-2.06
14	-12.75	0.0005	41.26	-12.79	0	41.36	-0.25

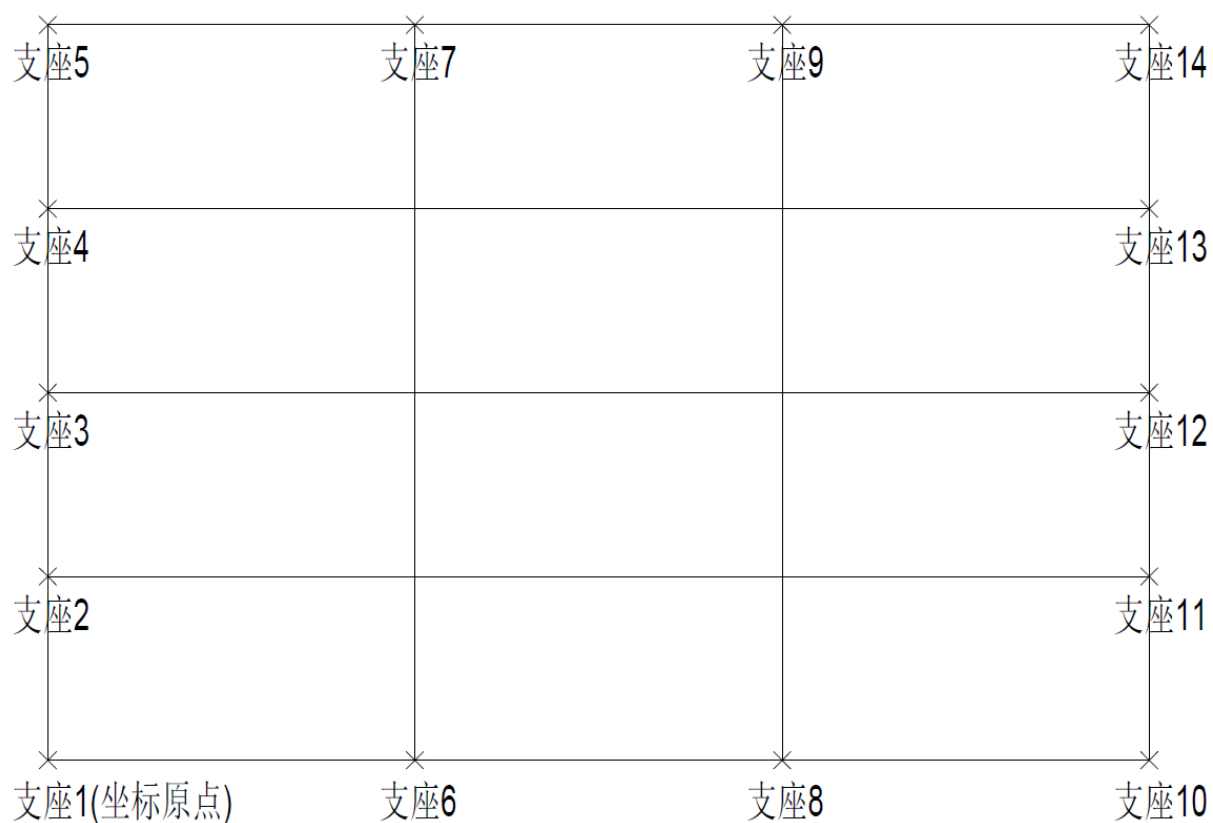


图 5-9 支座位置示意图

根据计算结果可知，SAP2000 的支座反力相对于 RFEM 小 0.2%~2%。

2. 变形对比(uz)

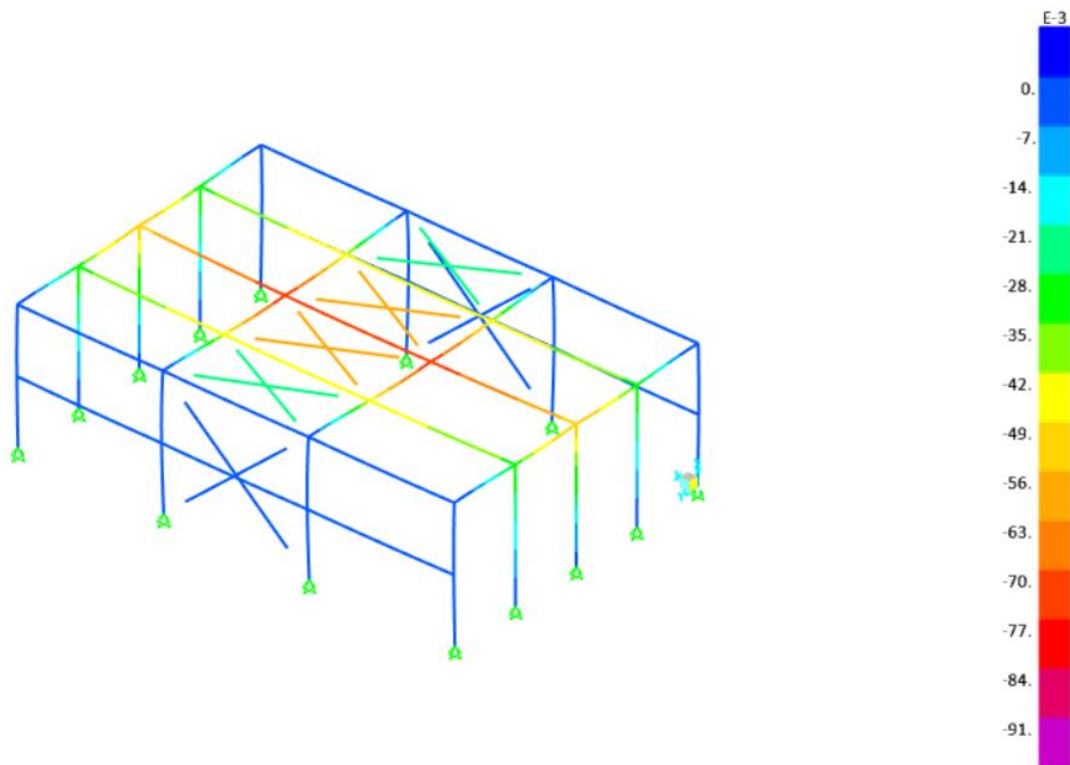


图 5-10 sap2000 恒载下变形图

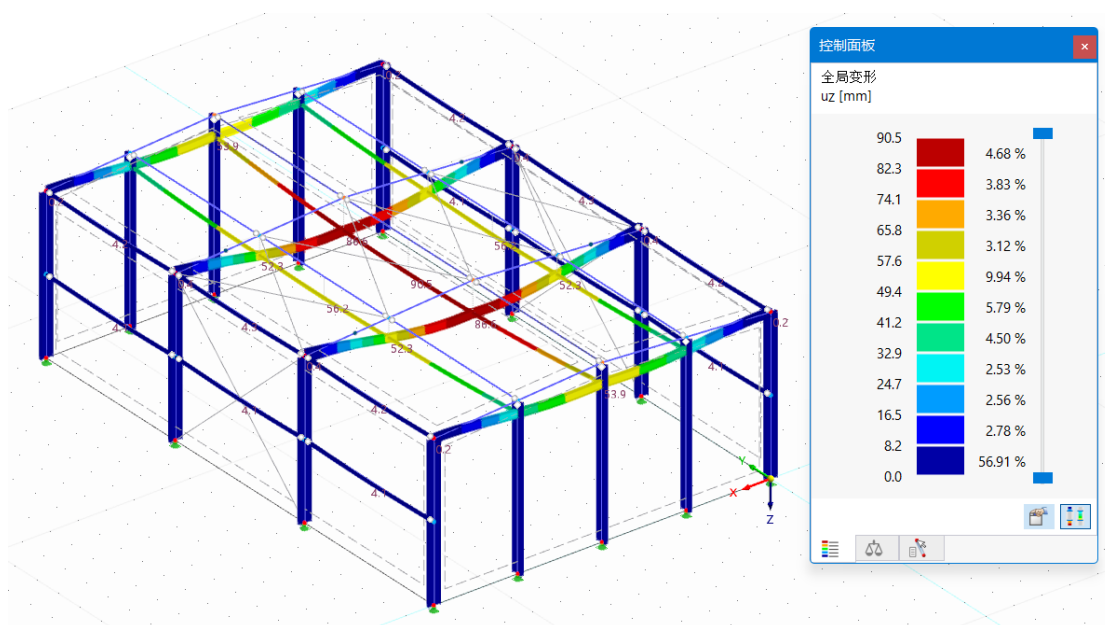


图 5-11 RFEM 6 恒载下变形图

Sap2000 中变形最大值为-0.098m, RFEM 中变形最大值为-0.091m, 两者相差 3%。

3. 内力对比(My)

将中间跨取出，查看 My:

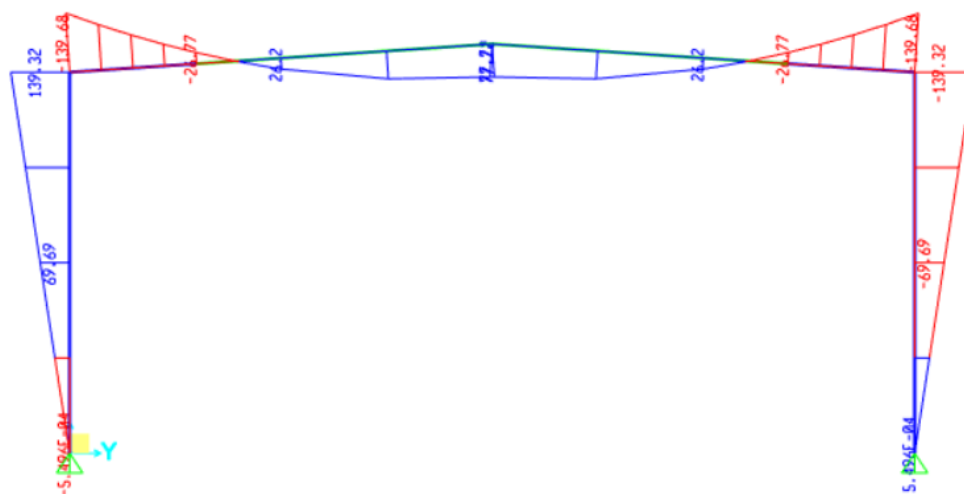


图 5-12 sap2000 中跨弯矩图

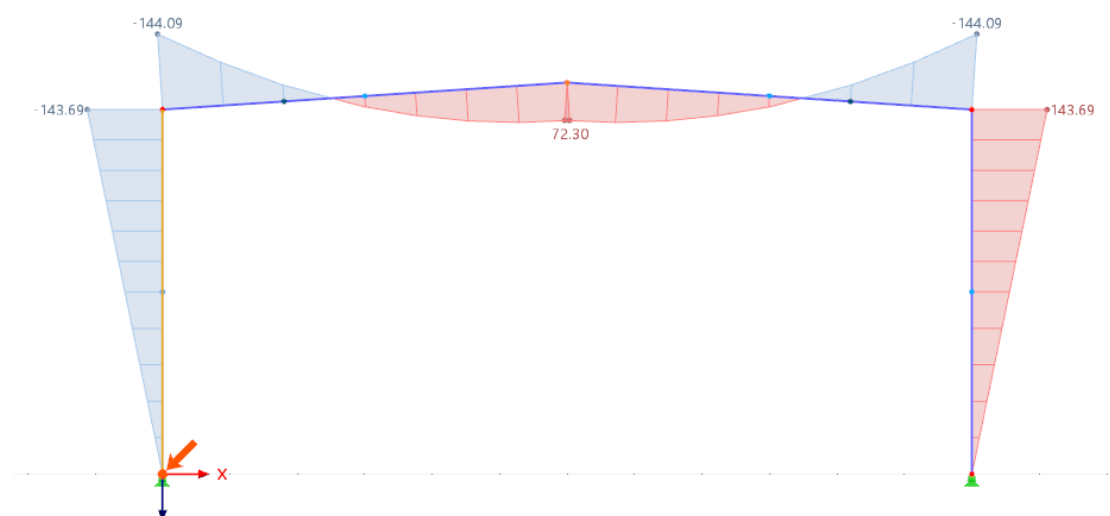


图 5-13 rfem 中跨弯矩图

SAP2000 最大弯矩为 $139.32 \text{ kN} \cdot \text{m}$ ，与 RFEM 6 的最大弯矩 144.09 相差 3% 左右。

4. 小结

综上所述，对于纯杆系模型，SAP2000 结果与 RFEM 相差在 3% 左右，工程上可认为基本相同。