

斜柱支撑设计

这里所说的斜柱支撑指的是在建模中按斜杆输入的杆件（简称斜杆）。支撑在实际工程中应用广泛，如斜柱、钢结构中的柱间支撑、屋面支撑，转换层结构中的桁架斜杆，雨棚上面的拉杆、桁架结构、空间结构的上下弦杆和腹杆等。

一、斜柱支撑的建模



图 3.4.1 支撑布置

斜柱支撑的布置参数有参照的节点、竖向的高度、偏移值、偏心值，如图 3.4.1 所示。

1、只依赖节点不依赖网格

柱的定位是在节点上，斜柱的定位是在一个节点或者两个节点上，如果布置在一个节点上，斜柱的另一端就需要输入偏移值才能成为斜柱。

梁构件、墙构件、墙上洞口都是需要一段网格才能布置，而支撑构件不需要网格。

对支撑的两端再输入相对于本标准层的竖向高度，就可把杆件完全定位。

如果布置时两端选择同一个节点，则支撑为垂直的；如果支撑两端标高值相同，则支撑为水平的。

2、节点偏移和偏心

斜柱的定位既可以使用一个节点也可以使用两个节点。如果布置在一个节点上，斜柱的另一端就需要输入偏移值才能成为斜柱。

使用两个节点布置一根斜杆，有时会造成本层平面上的节点过多，多余的节点有时造成设计上的麻烦，如多余的节点打断梁墙杆件会造成过多的短梁短墙。如图 3.4.2 斜墙内布置了 3 根斜的型钢柱，每根斜柱如果采用两个节点定位，将在斜墙内生成 6 个节点，包含 6 个节点的该斜墙的网格划分非常困难，以至于很难计算通过。改为对每根斜柱布置在 1 个节点上，另一端输入偏移值，斜墙的单单元划分质量很好并可顺利计算，计算模型如图 3.4.3 所示。

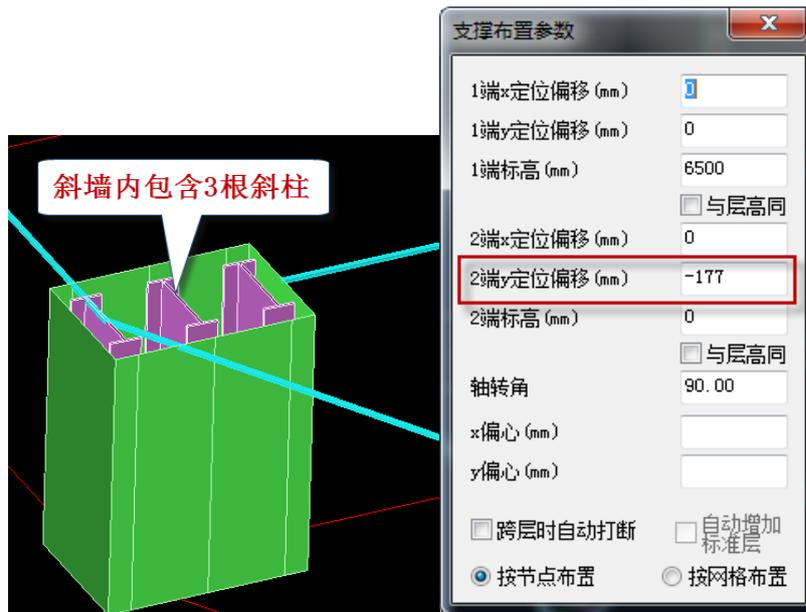


图 3.4.2 支撑偏移

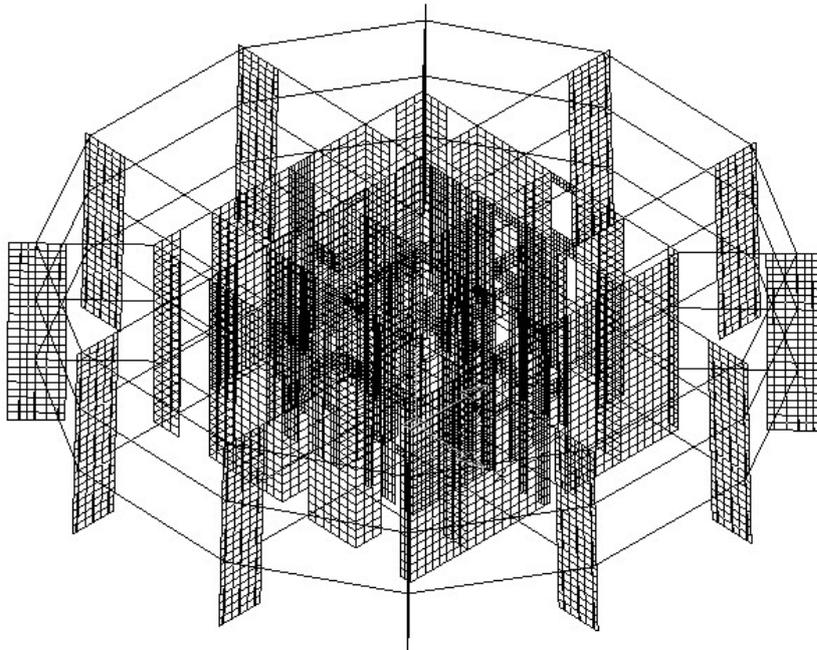


图 3.4.3 计算模型

从 Etabs、Midas 等其他结构计算软件转换数据到 YJK 时，对斜杆都是按照一个节点的定位加另一端偏移的方式记录的。

斜杆的偏心指的是在垂直于斜杆轴线的两个互相垂直方向的偏心，这两个互相垂直方向指的是局部坐标系的方向。

斜杆的偏移值两端一般是不同的，而斜杆的偏心两端是相同的。

3、斜杆越层输可自动打断

斜杆布置时还有一个重要的选项：“跨层时自动打断”。当输入的斜杆跨越一个或者数个楼层时，选此项可将该斜杆（斜柱）在各层层高处自动打断，打断后的斜杆分配到相应的标准层，在该层生成该斜杆布置必须的节点，或与该层其它杆件自动交接。

这种方式特别方便连续数层的斜柱的输入。斜柱跨越数层时困难的是确定每层斜柱节点的坐标位置，逐层分段输入跨层斜柱时需要用户手工计算出每层斜柱上下两个节点的坐标，

一旦计算不准将造成上下层斜柱不能正确连接。在使用跨层输入并自动打断方式下，用户可在组装好的多层模型上输入跨层斜柱，并事先只在起始层和终止层确定斜柱的节点。该斜杆输入后斜柱跨越的各层自动生成了斜柱在该层的节点，随后用户可用该节点和其它层构件相连，这样的输入方式既方便又准确。

用户对跨层斜柱的输入应在组装好的多层模型上操作。

对于小于或等于一个层高的斜杆，这选项不起作用。

4、越层斜杆输入时可自动生成新的结构标准层

布置越层支撑时，由于斜撑在各层的分布不同，则越层支撑跨越的各层必然应是不同的标准层。如果越层支撑跨越的模型各层属于同一个标准层，软件可自动增加新的标准层，以适应被楼层打断的斜撑的布置。在斜杆布置对话框中，当勾选参数“跨层时自动打断”时，对参数“自动增加标准层”打钩，如图 3.4.4 所示。

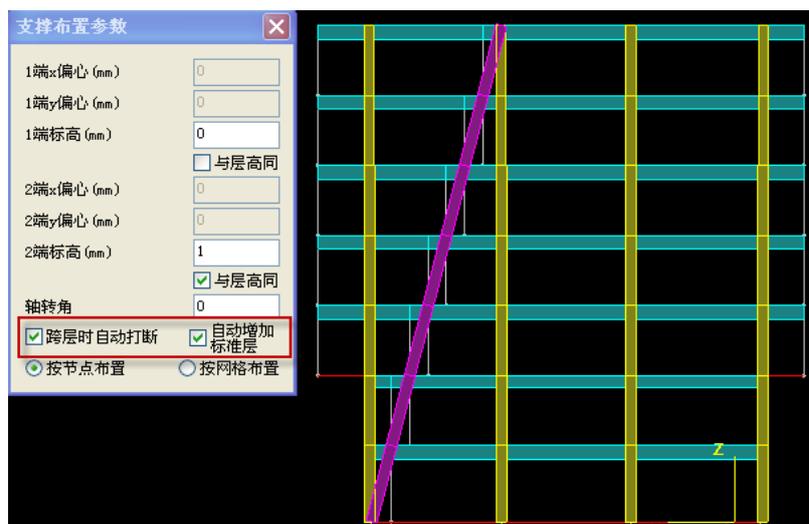


图 3.4.4 支撑布置效果图

图 3.4.5 所示项目，越层支撑输入前有 3 个结构标准层，楼层组装表如下。输入跨越 7 层的越层支撑时勾选“跨层时自动打断”和“自动增加标准层”，则该越层支撑输入完后自动增加了 4 个标准层，总标准层数达到 7 个。

标准层号	层高 (mm)	层号	层名	标准层	层高 (mm)	层底标高 (m)
1	3300	1		1	3600	0
2		2		1	3300	3.6
3		3		2	3300	6.9
4		4		2	3300	10.2
5		5		2	3300	13.5
6		6		3	3300	16.8
7		7		3	3300	20.1

原有3个标准层

标准层号	层高 (mm)	层号	层名	标准层	层高 (mm)	层底标高 (m)
1	3300	1		1	3600	0
2		2		4	3300	3.6
3		3		2	3300	6.9
4		4		5	3300	10.2
5		5		6	3300	13.5
6		6		3	3300	16.8
7		7		7	3300	20.1

自动增加到7个标准层

图 3.4.5 布置斜撑后楼层组装结果对比

这样简化了人工事先定义多个标准层的操作。

5、在空间结构菜单中的输入

在【空间结构】菜单下，杆件的定位是空间三维的轴线，因此斜杆的输入变得直观方便，先画出三维轴线（黄色），再在轴线上布置斜杆杆件。

在空间菜单下，还有工作基面、导入 AutoCAD 空间轴线、参数输入桁架、网架等的快速建模方式，因此对于复杂的大量斜杆的空间结构，首选还是在【空间结构】菜单输入，需要时再把他们导回到普通结构标准层。

6、对斜杆建模要注意几点：

(1) 当斜杆的中间部位与其它杆件相交时，软件没有处理这些杆件的连接关系，斜杆只在两个端点与相交杆件连接；

(2) 水平或其他倾斜的斜杆不参与房间划分；

(3) 目前软件不能在斜杆上布置荷载；

(4) 和层上下节点距离过近时将自动归并节点。

二、转换其他结构软件数据到 YJK 时对斜杆的处理

1、可转成梁和斜杆两种类型杆件

当从其它有限元软件转模型到 YJK 中时，对于倾斜的杆件，软件提供倾角参数，控制转换成梁或柱，如图 3.4.6 所示。

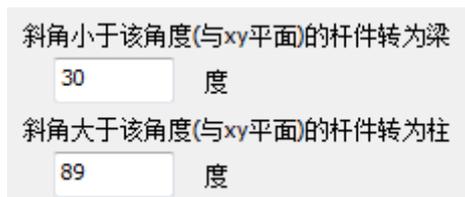


图 3.4.6 与其它软件接口中对倾斜杆件的识别角度

由于 YJK 中对于梁、柱构件，在形成房间、荷载导算、整体指标统计、构件设计等方面均有差异，因此该参数宜根据工程实际情况认真填写。

2、对转到 YJK 的斜杆按照单节点加偏移方式记录

从 Etabs、Midas 等其他结构计算软件转换数据到 YJK 时，对斜杆都是按照一个节点的定位加另一端偏移的方式记录的。

三、复杂结构标准层中斜杆的输入

实际工程中常见由复杂空间结构组成的普通结构标准层，如图 3.4.7 所示，有的楼层跨度大，楼面布置了很多桁架，有的是由斜撑、层间梁组成了复杂的造型。对于这样的复杂楼层，一般应借助【空间结构】菜单建模，然后再用【导到楼层】菜单将他们导到普通的结构标准层。当需要修改这样的楼层结构时，可以使用【导到空间】菜单将他们导到空间结构菜单进行编辑，因为直接使用普通楼层的编辑修改手段编辑复杂斜杆常很困难。这里的具体操作可参见“复杂空间模型的输入和计算”。

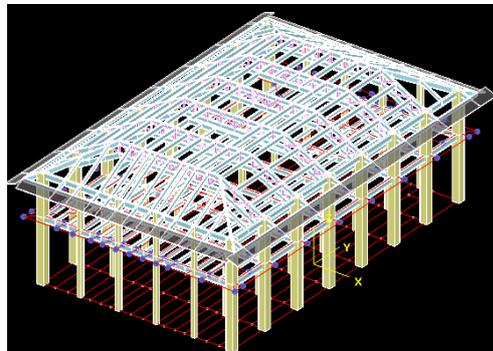
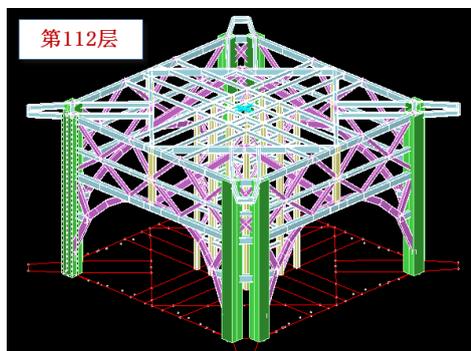
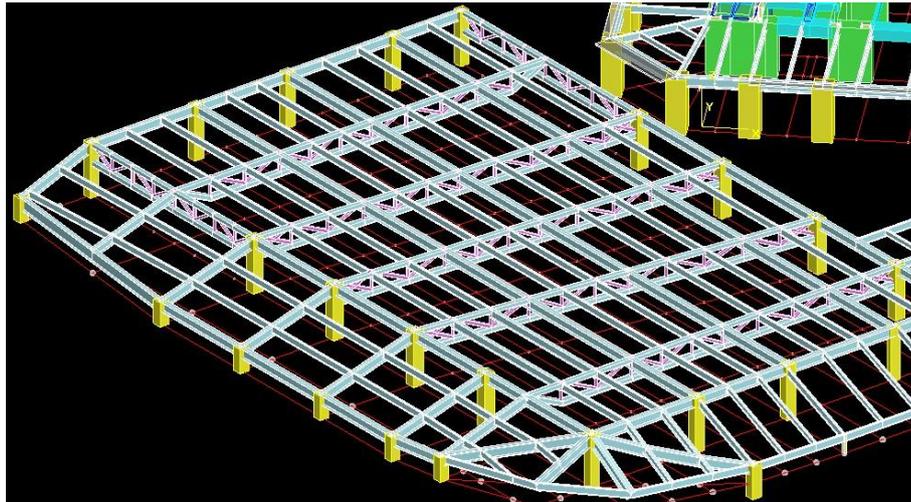


图 3.4.7 带支撑复杂工程

四、斜杆的计算与设计属性

1、斜杆的局部坐标系

斜杆在建模中的局部坐标系与斜杆两端点的定义顺序有关。如图 3.4.8 所示，杆件的局部坐标系 1 轴方向，是由杆件的第一个节点（高节点）指向第二个节点的方向（低节点），2 轴方向即杆件截面的 Y 轴，3 轴方向为杆件截面 X 向，1、2、3 轴构成右手系。斜杆的 X、Y 偏心、转角，均按局部坐标系讨论，其中转角方向绕 1 轴逆时针转动为正。

对于斜杆输入为完全竖直的杆件时则有所特殊，杆件 1 轴仍为起点(上)指向终点(下)，杆件 2 轴始终对应全局坐标系 Y 轴，由 1、2 轴确定 3 轴。

另外，当斜杆定义为连接属性时，其局部坐标系与杆件一致，即仍符合上述原则。

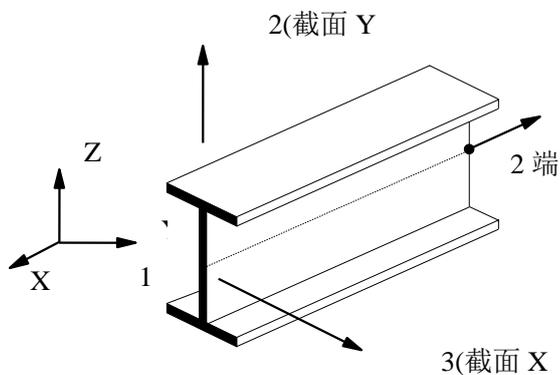


图 3.4.8 支撑局部坐标系

2、斜柱和斜撑

软件中输入的柱要求必须是垂直的，如果与 Z 轴有夹角，则需要按支撑方式输入。为了在设计上区分斜柱与真正的支撑，软件设置了支撑按斜柱设计临界角（与 Z 轴夹角），如图 3.4.9，默认 20°。与 Z 轴夹角小于该角度的，在整体指标统计与构件设计上，按柱执行。

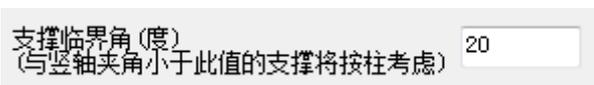


图 3.4.9 支撑临界角

从软件实现上，斜柱执行的内容主要如下：

- (1) 考虑强柱弱梁调整系数；
- (2) 参与位移统计，会影响位移比和位移角计算结果；
- (3) $0.2V_0$ 调整时，统计到框架中；
- (4) 倾覆弯矩统计时，斜柱统计到框架中；
- (5) 如果定义了框支柱属性，则进行框支柱地震剪力调整，也执行框支柱的设计弯矩、地震轴力调整规定；
- (6) 按框架柱方式计算受剪承载力，并投影；

目前斜柱未执行的内容：

- (1) 无节点核芯区设计；

3、铰接刚接

软件对于材料为混凝土的斜杆默认两端固接；对于材料为钢的斜杆，布置在空间层时，默认两端固接，布置在普通标准层时，若同时符合截面高、宽均 $<700\text{mm}$ 并且支撑与竖直方向夹角超过 20° 时默认为两端铰接。

4、桁架的上下弦杆和腹杆

目前用于钢结构施工图中构件属性的判断。对于用斜杆建立的构件，如果与竖轴的夹角小于计算参数中的“支撑临界角”，软件会自动按柱来处理，并生成相关节点。若对支撑指定了桁架弦杆或桁架腹杆属性，则该构件仍然作为支撑处理。

对于桁架杆件的计算长度系数，软件默认为 1.0，当需考虑钢结构规范中桁架杆件计算长度的相关要求时，需在【计算长度】菜单中手工指定。

5、斜杆的楼层抗剪承载力计算

软件设有“支撑按柱设计临界角”。

与 Z 轴夹角小于该角度时，按柱方式计算受剪承载力，并投影。

与 Z 轴夹角大于该角度时：对于混凝土支撑，按只考虑钢筋受拉承载力计算和混凝土柱轴心受压承载力计算，二者取小，并投影；对于钢支撑，按只考虑钢支撑受拉承载力和按欧拉公式反算的受压承载力计算，二者取小，并投影；型钢砼支撑，与混凝土支撑类似，同时考虑了型钢贡献。无论是哪种材料，软件均考虑了重力荷载代表值下的轴力影响。

对于水平支撑：软件不计算受剪承载力。

五、斜杆在弹性连接及减震隔震设计中的作用

YJK 在特殊支撑下设置了将斜杆改为弹性连接的菜单，如图 3.4.10，定义的弹性连接类型有线性、阻尼器、塑性单元、隔震支座、间隙。将定义好的弹性连接类型布置到某根斜杆上，该斜杆就自动转为弹性连接，弹性连接的局部坐标系即以斜杆方向为右手定则确定，原有的斜杆截面不再起作用。

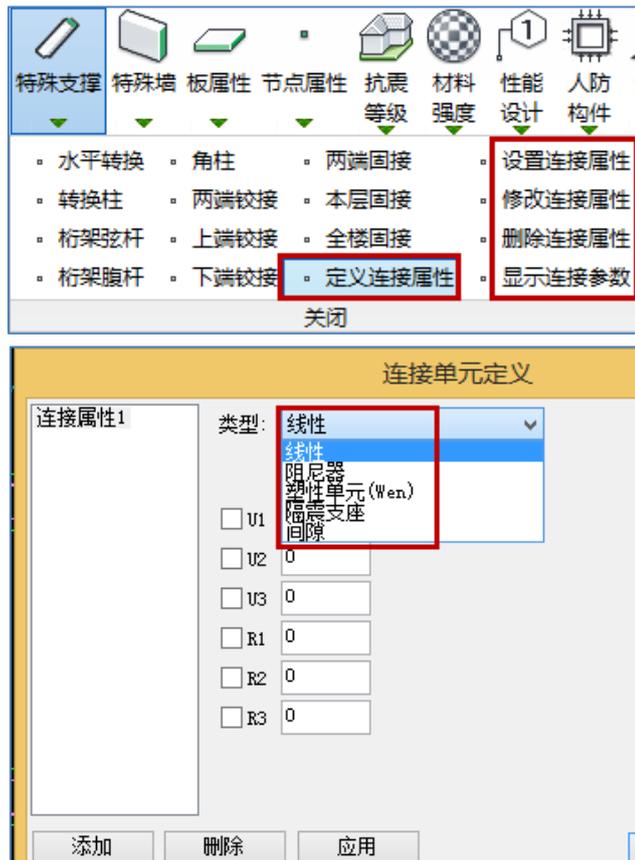


图 3.4.10 支撑定义为弹性连接

由于任意形式的斜杆在 YJK 中可以方便地建模，因此这种用斜杆间接地布置弹性连接的方式非常实用。

关于如何用斜杆布置滑动支座等弹性连接，具体可参见“复杂空间模型的输入和计算”。

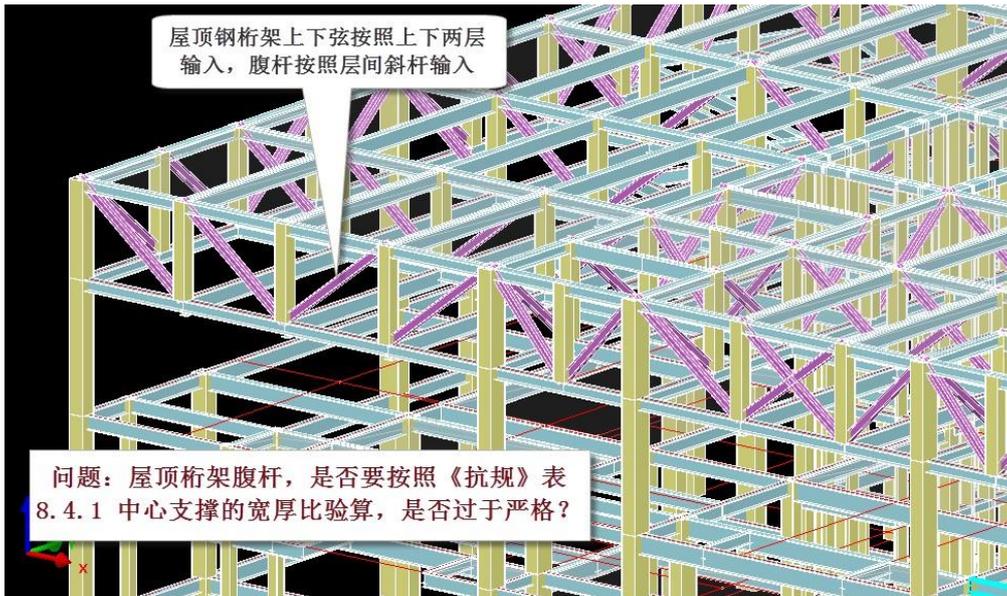
关于如何用斜杆布置隔震支座、屈曲支撑、阻尼器等减震隔震装置，具体可参见“隔震与减震设计”。

六、钢结构斜杆的截面设计属性—空间属性设置菜单

斜杆在不同结构中常表现为不同的属性，但以前软件对钢结构的非柱属性的斜杆，默认都设置为钢框架的中心支撑属性，抗震设计时将按照《抗震规范》8.4 节关于中心支撑的长细比、杆件宽厚比、高厚比的规定进行计算。

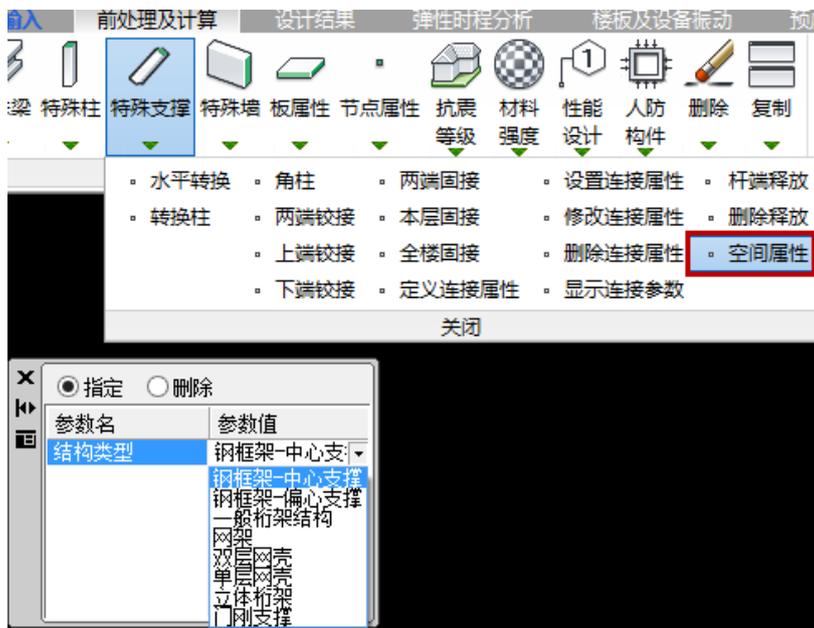
但是，对于非钢框架中心支撑属性的斜杆来说，由于《抗震规范》8.4 节的规定比一般刚结构杆件严格得多，这样的计算很容易被判断为超限。

如图所示工程的屋顶桁架斜杆，原来按照软件默认的钢结构框架的中心支撑计算，结果均被判断为超限。在前处理—特殊支撑—空间属性菜单下，将他们设置为桁架腹杆后计算，结果不再超限。

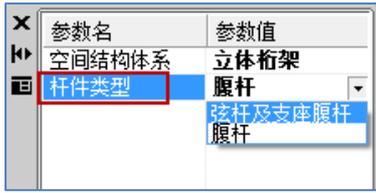


软件在前处理-特殊构件定义菜单中的“特殊支撑”中增加了“空间属性”定义菜单，用来指定支撑为除了钢框架中心支撑以外的其他属性，选项是：

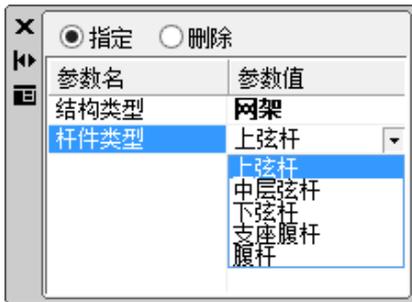
- 钢框架-中心支撑；
- 钢框架-偏心支撑；
- 一般桁架结构；
- 网架；
- 双层网壳；
- 单层网壳；
- 立体桁架；
- 门刚支撑；



对于一般桁架结构、网架、双层网壳、立体桁架，还需进行两个选项：弦杆及支座腹杆、腹杆；对于单层网壳为壳体曲面内、壳体曲面外。



为了适应网架施工图设计的需要，需对组成网架的斜杆进一步细分为上弦杆、下弦杆、腹杆、中层弦杆。经过这样属性指定的斜杆在结构计算中将按照网架的相关规程进行计算和截面设计。



对于不同属性斜杆的局部稳定及刚度控制，软件具体实现如下：

钢框架-中心支撑：非抗震按《钢结构规范》控制，抗震按《抗震规范》8.4.1 控制；

钢框架-偏心支撑：非抗震按《钢结构规范》控制，抗震按《抗震规范》8.5.2 控制；

一般桁架杆件：局部稳定按《钢结构规范》5.4.1 条、5.4.2 条控制，长细比按《钢结构规范》5.3.8 条、5.3.9 条控制(长细比限值：压杆 150，拉杆 300)；

网架、双层网壳、立体桁架：局部稳定按《钢结构规范》5.4.1 条、5.4.2 条控制，长细比按《空间网格结构技术规程》5.1.3 条控制(长细比限值：压杆 180，拉杆 250)；

单层网壳：局部稳定按《钢结构规范》5.4.1 条、5.4.2 条控制，长细比按《空间网格结构技术规程》5.1.3 条控制(长细比限值：压杆 150，拉杆 250)；

门刚支撑：局部稳定按《钢结构规范》5.4.1 条、5.4.2 条控制，长细比按《门刚规程》3.5.2 条控制(长细比限值：压杆 220，拉杆 400)；

软件对斜杆默认的设置是：对于截面大于 200mm 的杆件为钢框架—中心支撑，其余为一般桁架的弦杆。

六、常见问题

1、标高错误

对于体育馆等复杂空间结构，很容易在建模时输错斜杆的端点标高，如体育馆、复杂空间结构实例。退出建模菜单时，软件会进行数据检查，如果发现杆件未连接，且标高在与基础相连的最大底标高之上，则提示杆件悬空。

可以通过建模中的单线图方式查看杆件是否连接。

2、起止点选择错误

由于斜杆是布置在本层的两个节点上，如果平面节点较多，操作时容易选错斜杆的起止点，造成起止点颠倒或布置到其它节点上。如果这些节点上有其它杆件相连，则数据检查不能做出提示。这时可在三维透视状态下查看杆件的空间布置，也可以在楼层组装后，通过【局部楼层】方式查看多层下的杆件连接关系。

3、越层支撑能否自动识别

目前软件还无法自动识别越层支撑，需要手工在前处理修改计算长度系数。

4、支撑未验算稳定及轴压比为 0

如果支撑在所有组合下均为受拉，则不验算稳定，同时也不计算轴压比。