

# 无梁楼盖设计原理及软件实现

陈岱林, 任卫教, 戴 涌

(北京盈建科软件有限责任公司, 北京 100191)

[摘要] 无梁楼盖在实际工程中应用很多,但可用于合理配筋设计的软件很少。本文通过分析无梁楼盖柱上板带和跨中板带的基本概念,以有限元壳元计算为核心,推导出板带各个不同位置以及上下两层钢筋的计算方法,最后按照平法标准图进行无梁楼盖施工图表达,从而给出无梁楼盖设计的完整解决方案。

## 1 柱上板带和跨中板带的基本概念

### 1.1 柱上板带和跨中板带

对于无梁楼盖,一般按照柱上板带和跨中板带的方式进行配筋设计。和普通有梁楼盖相比,柱上板带的作用相当于普通梁,只是它的梁宽要大得多、梁高和板厚相同;跨中板带的作用相当于普通板,但是由于柱上板带占据了房间很大的范围,跨中板带的范围比普通板小得多。和普通有梁楼盖相比,无梁楼盖的配筋多了跨中板带的配筋内容。

### 1.2 柱上板带配筋模式

柱上板带的受力状态类似于梁,一般它在支座两边承受负弯矩,而在跨中承受正弯矩。柱上板带钢筋分上下两层,下层钢筋的作用类似于梁下部钢筋的作用,是主要的承受正弯矩的受力钢筋。上层钢筋支座两边受力最大,布置承受负弯矩的支座钢筋最多,而在跨中变为正弯矩,因此上层的跨中一般布置通常的构造钢筋。

柱上板带的下部钢筋为支座到支座的贯通钢筋,上部钢筋则包含贯通钢筋和非贯通钢筋,上部贯通钢筋多数情况下为构造配置的钢筋,非贯通钢筋布置在柱支座的两边,因此,柱上板带的配筋模式也和普通梁类似。

### 1.3 跨中板带配筋模式

跨中板带的受力状态类似于普通楼板,它在跨中承受正弯矩,在支座承受负弯矩。跨中板带钢筋分上下两层,下层钢筋的作用类似于普通楼板跨中钢筋的作用,是主要承受正弯矩的受力钢筋。上层钢筋在板周边的支座承受负弯矩,将布置承受负弯矩的支座钢筋,而在跨中变为正弯矩,因此上层的跨中一般布置通常的构造钢筋。

跨中板带的下部钢筋为支座到支座的贯通钢筋,上部钢筋则包含贯通钢筋和非贯通钢筋,上部贯通钢筋多数情况下为构造配置的钢筋,非贯通钢筋布置在板周边的支座,因此,跨中板带的配筋模式也和普通楼板类似。

### 1.4 多跨连续表达方式

普通房间的配筋表达一般以房间为单元进行,无梁楼盖虽然也以房间为单元计算,但是,按照平法标准图 11G101-1 的要求,对无梁楼盖平法施工图,采用平面注写的表达方式,平面注写主要有板带集中标注、板带支座原位标注两部分内容,这就要求对柱上板带、跨中板带钢筋采用

连续多跨的表达方式。

## 2 无梁楼盖在建模中的输入特点

对无梁楼盖,仍按照普通楼层的建模方式,在全楼中,无梁楼盖可能只占几个楼层,或者楼层中的某一部分为无梁楼盖,其余部分仍为普通楼盖。对无梁楼盖部分,主要是输入虚梁、暗梁以及柱帽,有时还有加腋板。

### 2.1 布置虚梁指示板带位置

无梁楼盖没有梁,柱之间需布置虚梁或者暗梁。这里梁的第一个作用是生成楼板,第二个作用是指定柱上板带的布置位置,软件自动生成的柱上板带就是沿着虚梁或者暗梁布置的。软件对虚梁本身不会做设计和配筋,虚梁本身的刚度很小,对整体计算没什么影响。

### 2.2 布置暗梁

暗梁就是指有一定的宽度、但高度与板厚相同的梁。在无梁楼盖设计中,暗梁首先可以起到与虚梁同样的作用,即生成房间楼板和确定柱上板带的布置位置。暗梁按照普通梁方式输入即可。

《高规》8.2.4:“板柱-剪力墙结构中,板的构造应符合下列规定:抗震设计时,应在柱上板带中设置构造暗梁,暗梁宽度取柱宽及两侧各 1.5 倍板厚之和,暗梁支座上部钢筋截面面积不宜小于柱上板带钢筋面积的 50%,并应全跨拉通,暗梁下部钢筋应不小于上部钢筋的 1/2。”因此,暗梁的尺寸可按高规的要求输入。

在上部结构计算时,对无梁楼盖板应选择按照弹性板 3 或者弹性板 6 计算,这种计算模式将使楼板和梁变形协调,共同承担荷载。输入的暗梁尺寸适当,其暗梁的配筋结果就基本可用。暗梁本身有一定的刚度,在楼板施工图模块的有限元计算时,考虑到它的刚度和楼板的刚度是重合的,因此软件自动忽略了暗梁的刚度,以保证计算的准确性。但是在上部结构计算中,如果对无梁楼盖按照弹性板 3 或者弹性板 6 计算,软件没有扣除暗梁的刚度,这可能对计算结果造成一定的误差。

也有用户按照等代框架梁宽高尺寸的方法输入暗梁,等代框架的宽度取垂直于等代框架方向两侧柱距各 1/4,梁高取板厚度。但这样的输入方式使两方向梁之间、梁和板之间重叠部分过多,计算误差较大。

### 2.3 布置柱帽

无梁楼盖中设置柱帽时，可在建模的楼板布置菜单下布置柱帽，见图1。软件可布置的柱帽形式有3种：柱帽、柱帽+托板、托板，见图2。



图1 布置柱帽菜单

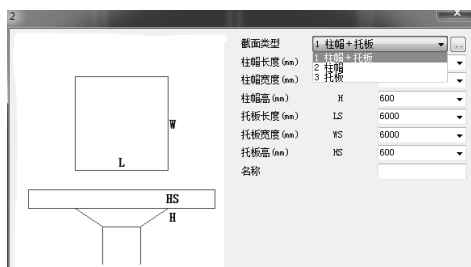


图2 柱帽定义对话框

《高规》8.1.9条：“板柱-剪力墙结构的布置应符合下列规定：无梁板可根据承载力和变形要求采用无柱帽（柱托）板或有柱帽（柱托）板形式。柱托板的长度和厚度应按计算确定，且每方向长度不宜小于板跨度的1/6，其厚度不宜小于板厚度的1/4。7度时应采用有柱托板，8度时应采用有柱托板，此时托板每方向长度尚不宜小于同方向柱截面宽度和4倍板厚之和。托板总厚度尚不应小于柱纵向钢筋直径的16倍。布置有柱帽的无梁楼盖三维显示见图3。

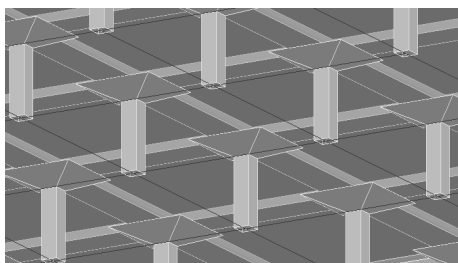


图3 无梁楼盖三维显示

### 2.4 加腋楼板

在建模的楼板布置菜单下设置了板加腋菜单，见图4。用户输入板加腋部分的腋高和腋长，然后沿房间周围轴线布置加腋部分，可以只加腋轴线一侧，也可以双侧都加。



图4 板加腋菜单

## 3 无梁楼盖的有限元壳元计算

无梁楼盖由板和竖向支撑的柱、墙组成，对这种结构体系，只有采用有限元计算才能得到理想的结果，楼板采用壳单元，柱采用杆单元，墙采用壳单元。有限元法计算首先可

在楼板施工图模块中进行，这是首选的、用的最多的方式，还可以在上部结构计算模块中进行。两处的计算各有特点，有时可以起到互相补充、校核的作用。

软件对无梁楼盖板自动划分单元，在楼板施工图模块中隐含设定单元尺寸为0.5m，而在上部结构计算时，对弹性板隐含设定单元尺寸为1m，因此楼板施工图中的计算更精细。同时，在有柱帽或加腋区时，不同位置的板单元取不同厚度，在柱帽范围内的板单元取相应位置柱帽的厚度，同样，对于加腋区域的板单元，也会自动取相应位置加腋的厚度。

### 3.1 楼板施工图模块的无梁楼盖有限元计算

楼板施工图模块提供了三种楼板的算法：手册算法、塑性算法、有限元算法（图5），对于无梁楼盖结构，应采用有限元算法。有限元算法时，软件还设置了是否考虑梁刚度的选项，对于无梁楼盖计算，应勾选该选项，因为这里不考虑梁刚度的力学模型为梁在竖向被约束而没有竖向位移，这种模型不能算出无梁楼盖的内力。

如果用户设置了无梁楼盖的板带，软件可以自动检测用户是否对计算参数做了正确选择，如果用户没有勾选有限元算法或者没有选择考虑梁的刚度，软件都会给出提示并中断计算。如果用户设置了和板厚等高的暗梁或者等代梁，考虑到这种梁和板的刚度完全是重复设置，为避免造成无梁板计算刚度被放大，板有限元计算时忽略了所有高度小于或等于板厚的梁的截面刚度。

软件隐含的单元尺寸为0.5m，计算精度已经足够。每次计算一整个楼层的所有楼板。软件有限元计算还设置了是否考虑本层竖向构件刚度的选项，本层竖向构件指的是本层的柱、墙或支撑构件，勾选考虑可使计算模型更加合理。

和传统的做法类似，在楼板施工图模块中不考虑风、地震荷载、温度荷载及其相应组合。

### 3.2 突出三维位移云图的有限元计算结果表达方式

在计算结果显示菜单（图6）中，提供了以有限元单元为单位的内力和配筋结果输出，还配置了彩色等值线和三维云图的显示方式（图7）。在图中对板的正负弯矩及配筋用白、黄色分别显示，从而直观地表现出正负弯矩钢筋应该配置的范围，以及柱上板带应该设置的宽度等。

### 3.3 上部结构计算模块的无梁楼盖有限元计算

上部结构计算时，对于无梁楼盖部分应注意以下几点。

（1）对无梁楼盖板设置弹性板3或弹性板6。

对无梁楼盖板应设置成弹性板3或者弹性板6，将计算参数中弹性板的单元尺寸设置为1m。这种计算模式将使楼板和梁变形协调，共同承担荷载。弹性板3不考虑板的面内变形，仅能考虑面外刚度；弹性板6是壳元模型，既可考虑板的面内、又可考虑板的面外变形。不能选择弹性膜模型，因为弹性膜仅有面内刚度，没有面外刚度。

为了保证弹性板与梁变形协调，应勾选参数“梁与弹性





即便对无梁楼盖按照考虑了梁弹性变形的有限元法计算,但是配筋方式仍保持普通楼板方式,即按照房间的跨中和支座分别画出钢筋的方式,不能给出柱上板带、跨中板带的配筋方式。

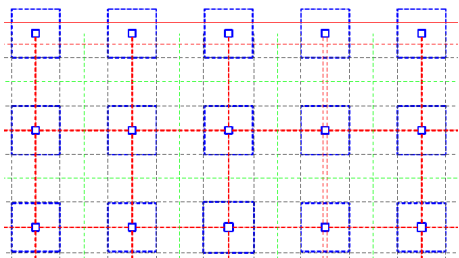


图9 柱上板带(跨中板带)布置

#### 4.2 柱上板带的宽度

软件自动生成柱上板带。自动生成的柱上板带的宽度有三种取值方法:1)按照板带间宽度的1/4;2)按照柱帽的宽度取值;3)对前两种方式的结果取大。在计算参数中由用户选择取值方法(图10)。

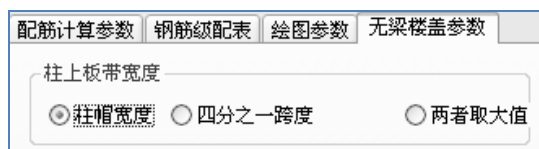


图10 柱上板带宽度取值参数

柱上板带的宽度应确实满足楼板负弯矩配筋区域的大小。柱上板带宽度越小则跨中板带的宽度越大。正常的跨中板带主要承受板的正弯矩,因此下部钢筋计算结果较大,而上部钢筋一般为构造钢筋;同样,柱上板带的中间部位也主要承担正弯矩和配置下部钢筋,板带方向的上部钢筋也应为构造钢筋。但是当楼板负弯矩区域大于柱上板带的宽度时,伸出部分的负弯矩钢筋的计算结果将决定跨中板带的上部钢筋配置,或者柱上板带顶部贯通钢筋的配置,从而出现板顶钢筋配置过多的结果。

软件自动设定的柱上板带宽度由楼板配筋参数决定,隐含为按照柱帽的宽度确定柱上板带的宽度,如果用户设置的柱帽尺寸过小,造成柱上板带的宽度很小,这种情况下就常出现房间中部的楼板顶部钢筋配置过多的现象。此时可在楼板配筋参数中选择按楼板跨度的1/4确定柱上板带的宽度,或人工修改柱上板带的宽度。

软件在下列位置生成柱上板带:1)沿着梁高不大于楼板厚度的梁;2)梁高虽然大于板厚,但是梁两端布置了柱帽的梁。软件对以墙为支座的楼板或梁高大于板厚的梁处不生成柱上板带,对于没有柱上板带的楼板仍然按照普通楼板的方式计算和配筋。因此,无梁楼盖的柱上板带跨中板带配筋方式和普通楼板的配筋方式可以在一层平面上同时设计和绘图。设置板带完成后就可以启动楼板有限元计算。

#### 4.3 分区域归并给出弯矩配筋

无梁楼盖的计算结果不再按照普通楼板结果输出方式,而是按照柱上板带、跨中板带的分区输出,为的就是按照平法标准图的柱上板带、跨中板带方式出图。

对于计算结果的配筋面积、楼板弯矩,软件将按照如下的分区输出(图11):1)柱帽或柱上板带相交区域,这部分受力最大,标注板上部2个方向的计算结果。2)柱上板带区域,对每一跨柱上板带,软件在扣除柱帽的净跨范围内挑出各单元的最大值,分别标注当前跨的板带上、板带下2个值,是沿着板带方向的数值。3)跨中板带区域,标注2个方面的内容:①跨中板带中间区域板底部、板顶部结果,这是从周边扣除柱上板带以后剩余的区域,给出沿板带方向的板带上、板带下2个数值;②跨中板带支座区域,这是垂直于柱上板带方向的板顶的结果,其计算区域是柱上板带在两个柱帽或柱上板带相交区域之间的部分,标注方式与普通楼板的支座钢筋相同。注意板配筋结果表示的是每米的计算钢筋。

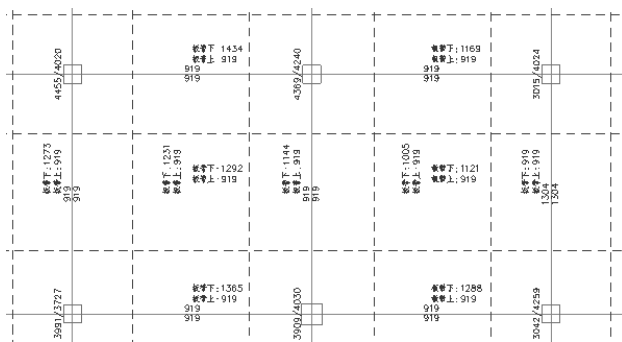


图11 板带计算结果显示

#### 4.4 贯通钢筋和非贯通钢筋选筋方案

板带由连续的多跨组成,配置了贯通钢筋和非贯通钢筋。对于贯通钢筋部分,用户可以通过控制参数,既可以设置成各跨配筋相同,也可以设置成各跨不同。如果设置成各跨配筋相同,则软件从所有各跨中选择最大计算值进行配筋,并在其第一跨集中标注,这种情况下配筋量较多。如果设置成各跨不同,软件根据各跨配筋计算值分别配置不同的钢筋,并在各跨分别标注。

##### (1) 板带贯通钢筋面积

板带贯通钢筋的设置主要取决于以下两个参数(图12):1)指定贯通筋最小配筋率:板带中间部位的顶部,计算弯矩很小或者为0,但由于无梁楼盖一般较厚,需要考虑一定的构造钢筋,此部分构造钢筋的设置,可以按此参数设置。2)贯通筋比例(0~1:最小值~最大值):该参数控制贯通筋的具体大小,填1时,贯通钢筋取各跨最大计算值配置,各跨配筋相同;填0~1之间的数值时,同一板带,各跨的计算配筋将各不相同;填0时,各跨最小值也能成为一种级配,越接近0,各跨贯通筋的配置可能差距越大。

##### (2) 板带实配钢筋的选取

当设置成贯通钢筋各跨不同时，板带实配钢筋的选取，有三个选项：程序内定、隔一间一、间距同贯通筋，见图 13。1) 程序内定：选筋原则是从级配库中选取面积与计算面积最为接近的钢筋，此时各跨的直径和间距都可能不同，但每跨限于一种直径；2) 隔一间一：在“程序内定”方式的基础上，每跨允许选择两种直径，并隔一间一布置，因此这种选筋方式可能比“程序内定”方式钢筋用量更少；3) 间距同贯通筋：贯通钢筋在各跨间距相同，直径可能不同。在每跨中，也可能选取 2 种直径。

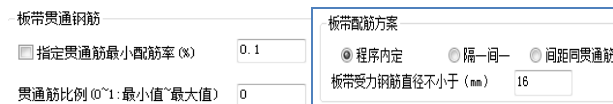


图 12 板带贯通钢筋参数

图 13 板带配筋方案参数

#### 4.5 无梁楼盖板施工图

自动按照平法标准图的柱上板带、跨中板带方式出图。在平法标准图 11G101-1 中对板带贯通筋只给出了集中标注，考虑到经济性的要求各跨板带需要配置不同钢筋，因此当各跨实配钢筋与集中标注不同时，YJK 给出了板带的原位标注。

#### 4.6 板带取整体模型下弹性板的配筋结果

上部结构计算给出了弹性板的计算结果，如果计算时考虑了板的协同作用定义了弹性板 6，且弹性板导荷方式选用有限元方式，此计算结果就可以代表无梁楼盖的柱上板带以及跨中板带的配筋结果。由于上部结构计算中不仅考虑恒活

竖向荷载，还考虑了风、地震等水平荷载工况或者温度荷载和组合，因此整体模型下弹性板的计算结果更全面。为此，YJK 在楼板施工图的无梁楼盖有限元计算中设置了参数(图 15)，可直接读取上部结构计算中弹性板各单元配筋结果来进行无梁楼盖的配筋设计。

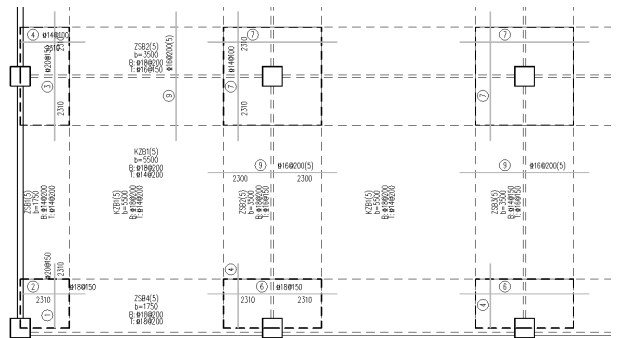


图 14 无梁楼盖施工图示意

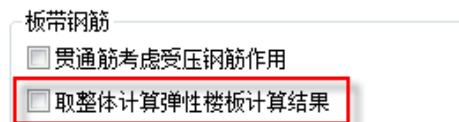


图 15 板带钢筋取整体计算结果参数

#### 5 结语

本文分析了无梁楼盖柱上板带和跨中板带的基本概念，突出了平面楼板和上部结构整体计算的有限元壳元核心计算，分析了板带各个不同位置以及上下两层钢筋的归并过程，以及按照平法标准图进行无梁楼盖施工图表达的特点。

(上接第 41 页)

施加荷载的具体步骤请查看软件使用说明书，这里就不一一说明了。

#### (8) 进行内力分析 (图 10)

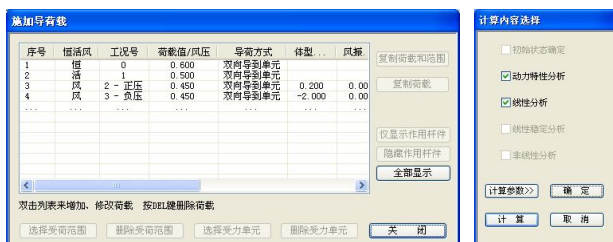


图 9 施加杆件导荷载对话框

图 10 内力分析对话框

#### (9) 对内力分析结果进行查询 (图 11,12)

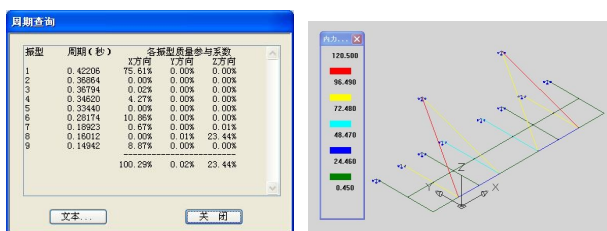


图 11 周期结果查询对话框

图 12 按颜色显示内力最大值

#### (10) 选择钢结构规范进行设计验算 (图 13)

#### (11) 查询设计验算结果 (图 14)



图 13 设计验算对话框

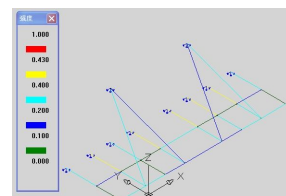


图 14 验算结果按验算显示

结论：用 3D3S 软件来设计这种简单又特殊的结构是很有优势的，基于 CAD 的截面操作简便快捷，用户可以根据自己的需要灵活地施加荷载，定义支座和单元的刚接铰接属性，定义杆件的计算长度等，然后进行计算，根据钢结构规范进行验算，不管是分析结果还是验算结果的显示都很直观，并且可以用 excel 输出。

【注】有关 3D3S 的更多信息可登陆 [www.tj3d3s.com](http://www.tj3d3s.com)。