

无梁楼盖设计原理及软件实现

周星平

(浙江绿建建筑设计有限公司, 浙江 温州 325000)

摘要: 在盈建科软件现有的模型、上部计算、楼板施工图三大模块中, 无梁楼盖的设计可以与其他建筑的综合建模与分析相结合。基本过程如下: 建立无梁楼盖的虚梁(或暗梁)及柱帽, 在上部结构的计算中, 采用弹性板3、弹性板6的模型, 弹性板的荷载计算方法应选用有限元方法, 在计算结果中, 增加柱冲剪的计算, 楼板设计中, 根据柱上板带、跨中板带给出的计算结果及楼板施工图。

关键词: 无梁楼盖; 设计原理; 软件实现

中图分类号: TU93 **文献标志码:** A



1 在建模中布置虚梁和柱帽

1.1 布置虚梁指示板带位置

无梁楼盖不设横梁, 但在各立柱间设置虚梁或暗梁。因此, 梁的第一个功能是制造地板, 第二个功能是确定安装在柱子上的板条, 而软件会根据虚拟的横梁和暗梁进行设置。

软件不会对虚梁进行设计和加固, 虚梁的刚性较低, 对整体计算没有任何影响。

1.2 布置暗梁

暗梁就是指有一定宽度, 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, 即确定房间楼板和柱上板带的位置。暗梁按照普通梁方式安装即可。

在计算上部结构时, 应该按弹性板3或弹性板6进行无梁楼盖的计算, 这样的计算方式会使楼板与梁体的变形协调, 共同承受荷载。只要暗梁大小合适, 那么暗梁得到的配筋结果就可以使用。

由于暗梁具有一定的刚性, 在进行结构设计时, 其刚度与楼板刚度一致, 所以软件会自动忽略其刚性, 确保计算精度。然而, 在计算上部结构时, 若按弹性板3或弹性板6对无梁楼盖进行计算, 不考虑暗梁的刚度, 计算结果会出现偏差^[1]。

部分使用者按等代框架梁宽高尺寸输入暗梁, 其宽度取等代构架方向上的四根立柱间距的1/4, 梁高取板厚。但是, 这种方法会造成梁与板之间的交迭太多, 造成较大的计算误差。

1.3 布置柱帽

在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, 软件可布置的柱帽形式有3种: 柱

帽、柱帽+托板、托板。

1.4 软件自动将柱帽处的暗梁设置成加腋梁

对用户所输入的暗梁, 在模型退出时, 软件会自动将与柱盖连接的暗梁设置为加腋梁, 考虑到柱盖的因素, 按照加腋梁进行计算和加固。加腋的长度尺寸取柱盖或柱盖加支架的长方向与梁的接合部, 其加腋高度为柱盖+支架+板厚-梁高。

可以在模型中见到自动加腋梁, 若去掉柱盖, 加腋梁将在模型退出时自动删除。

建模退出时, 勾选选项“柱帽处自动生成梁加腋”, 如果用户不希望设置这种梁的加腋, 可不勾选该参数。

软件不会对虚梁做加腋设置。

1.5 加腋楼板

在建模的楼板布置菜单下设置板加腋菜单。用户输入板加腋部分的腋高和腋长, 然后沿着房间周围的轴线布置加腋部分, 可以只加腋轴线一侧, 还可以双侧都加。软件对加腋板变厚度的板进行有限元法计算, 也就是说, 在加腋处的计算单元按照实际的板厚度计算。

2 上部结构计算

2.1 对无梁楼盖板设置弹性板3或弹性板6

对无梁楼盖, 应该采用弹性面板3或弹性面板6的形式, 选择“梁与弹性面板的变形协调”的参数。

对无梁楼盖, 按弹性板3或弹性板6进行计算, 这样的计算方式使楼板与梁体的变形协调起来, 共同承受荷载。弹性板3只考虑面外刚度, 没有考虑板面内的变形, 而弹性板6是个壳元模型, 不仅考虑板面内的情况, 还考虑到板面的外部变形。由于薄膜只具有

平面内刚性而无外部刚性，因此不能采用弹性薄膜的模式。

为使弹性板与梁体的变形协调一致，必须选择“梁与弹性板的变形协调”参数，将其中间节点与板间的节点连接起来。若不选择此参数，仅在梁端与梁之间进行连接，则无法充分发挥其协同作用。

2.2 计算参数的弹性板荷载计算方式应选择有限元方式

将恒活面加载直接施加在弹性楼板，不会将其引入周围梁内，由有限元方法对其进行分析。这种工作方法有两大变化：

一是通过有限元分析板上的荷载既传递到周围的梁壁，又传递到柱子上，也就是说，随着柱内内力的增大，梁体承担的荷载会减小。尤其是以平面加载的形式传递到周围梁壁上的荷载仅为垂直荷载，而使用有限元方法传递到梁墙上的，不仅是垂直荷载，而且还包括墙体的面外弯矩和梁的力矩，这些力矩不能被忽视。

二是采用弹性板进行恒动竖向荷载的计算，并参与风、地震等水平荷载的计算，其结果可以直接得到弹性板的配筋。

采用有限元方法对无梁楼盖、厚板转换层等进行分析，可以从上部结构的计算中得到板的配筋，同时通过等值线菜单对不同的内力及配筋情况进行分析。应注意要看到等值线的结果，必须在计算参数的整体结构信息中选择“生成绘等值线用数据”^[2]。

2.3 与柱帽相连的暗梁按照加腋梁设计

对用户输入的暗梁，考虑到柱帽的有利因素，软件自动将和柱帽连接的暗梁设置成加腋梁，因此在上部结构计算中这些梁是按照加腋梁计算和配筋的。

在这些梁的配筋结果文件中，可以看到加腋的尺寸等信息。

有柱帽时，各层计算结果简图中应画出柱帽。

2.4 柱对板的冲切计算

对与无梁楼顶连接的柱子或在其上面设置有柱帽的柱子，软件将自动进行柱子的冲切计算。在没有柱帽的情况下，软件判定无梁楼盖的条件是柱上梁的高度不得超过板的厚度。

柱冲剪计算中，考虑到上部结构的全部荷载，当有柱帽时，冲切计算应包含柱顶与柱帽、柱帽与板间的冲切。在没有柱帽的情况下，则计算柱对板的冲切。

在冲切过程中，冲切力是柱顶轴作用力减去冲切锥区内的板荷载。

根据相关规范中的有关公式，对柱帽冲剪进行了计算，从而解决在荷载作用下柱帽、托板合计不能算，必须采用过大尺寸的问题。

当冲切计算不够时，可给出抗冲切钢筋。

在柱的计算配筋结果文件中，包括冲切计算

的柱将输出冲切计算的相关内容和结果，它们在每根柱配筋文件的后面部分。如果柱的冲切计算结果需要配置箍筋，所输出的抗冲切箍筋面积为单边一个箍筋间距内的箍筋总面积，箍筋间距同梁。

在计算结果的柱轴压比菜单下，设置专门的“柱冲切”菜单，专门输出柱的冲切计算结果简图，在柱上标注的三个数字分别为柱根、柱帽、托板处的冲切计算结果，当冲切力和抗冲切力的比值小于1时满足要求。

3 无梁楼盖的楼板配筋设计

3.1 定义板带

楼板施工图中设置无梁楼盖菜单，菜单的第一项是定义板带。操作是用多边形围区定义需要按无梁楼盖设计的部分，然后软件把框出部分自动划分为柱上板带和跨中板带。

柱上板带和跨中板带是靠自动穿串生成的，软件在用户划定的多边形区域内，沿着柱间布置的虚梁、梁或墙穿串，位于同一直线，形成一个柱上板带或跨中板带，每个板带记录对应的跨数。

板带定义的过程支持多次操作，不同围区定义的板带可分别生成各自范围内的板带。有时需要把自动生成的一条板带分成几段，分多次围区定义这条板带范围，达到板带分段的目的。

应用中最常见的问题就是柱上板带的宽度不够，其原因一般是用户设置的柱帽尺寸过小，软件默认是根据柱帽尺寸生成柱上板带宽度，导致自动生成的宽度过小。此时应人工干预修改柱上板带的宽度到合适的数值。

3.2 按有限元方式计算楼板

对无梁楼盖，采用有限元方法进行计算，软件中包含柱帽效应，也就是在柱帽处的单元按柱+楼板的厚度进行计算。在布置楼板加高时，软件考虑加腋的影响。

如果不考虑梁的弹性变形，则无法计算无梁楼盖的应力。

在梁与梁间的梁为暗梁时，梁高与板厚相同，产生重叠，但梁的计算刚度不会被放大，因此，板的有限元分析中忽略梁的截面刚度。

在进行计算前，需要在计算参数中勾选，并考虑梁弹性变形。

如果使用者已定义磁条，而未勾选这两个参数，则该软件会提示并中断运算。

该软件所包含的单元大小仅为0.5 M，其计算精度较高。一次计算一层的全部楼板。

在计算后的计算结果显示菜单中，用户可通过等值线方式和显示各单元内力方式查看有限元计算结果。

3.3 分区域给出弯矩配筋

对无梁楼盖进行分析,采用以柱上板带、跨中板带等分段形式进行计算,满足平面规范图中的柱上板带、跨中板带的设计。

根据得到的钢筋面积、楼板弯矩,软件将按下列分区进行输出:

(1) 柱盖或柱上板带交叉部位的受力最大,这说明两个方向的计算结果。

(2) 柱上板条区,对每个跨柱上板条,软件在减去柱盖净跨的范围内,选出每个单元的最大值,并分别标上目前跨上、下两个值,这是沿板带方向的数值。

(3) 跨越中间板条区,标记两个部分。

①中板带中部板底、板顶结果。这是在圆周上除去柱上板带后的剩余区域,给出了板带上、下两个数值。

②通过与立柱上板带方向相垂直的板顶,其计算面积为柱上板带位于两个柱盖或立柱上板带交叉区之间的一段,并以与常规楼板的支撑筋同样的方式进行标识。

注意板配筋结果表示的是每米的计算钢筋。

4 无梁楼盖板施工图

按平法规范图中柱上板带、跨中板带的绘制施工图由三部分组成:

(1) 柱上板条,沿每层跨连续加筋,若按最大跨的最大配筋,应在首跨处标注。在无梁楼盖菜单下操作“标注板带”,可以将柱上板带标记出来。

如果之前已经产生横梁,那么可以在“板带标注”菜单中将横梁和立柱横梁同时标记。

(2) 柱盖或柱上板条的交叉点,可以按柱上板条的余量算出其面积,即柱上板条的宽度。该部位的钢筋可以称作无贯穿筋的柱上板带。在无梁楼盖菜单下,操作“标注柱帽”,可以对柱帽部位的钢筋进行标记。

(3) 跨中板带,这部分包括两种钢筋:

①扣除柱上板带的剩余部分

该部分设置两种画法:

第一种画法是对跨中板带按照平法标准图的板带方式出图,在无梁楼盖参数中设置跨中板带相关参数,根据柱上板带自动生成跨中板带。如果勾选,软件将在柱上板带平行的方向上同时生成跨中板带。操作“标注板带”菜单时同时标注跨中板带。

第二种画法是用中心标记的方法来绘制和修改,如果没有以上参数,软件就不会产生横穿中间板条时的画法,这与一般的房间板画钢筋的方法相同。因此,这个动作的菜单是一组中央标签。

②竖向设置在柱上板带上的未贯穿钢筋,根据现场标注的方法绘制并修改。

6 各跨板带选筋方案

6.1 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:

(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,甚至可能为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,可以按相关参数设置。

(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。

6.2 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。

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,各跨的直径和间距可能不同,但每跨限于一种直径。

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。

间距同贯通筋:贯通钢筋在各跨间距相同,但直径可能不同。在每跨中,可以选取两种直径。

7 板带取整体模型下弹性板的配筋结果

上部结构计算给出弹性板的计算结果,如果计算时考虑板的协同作用定义弹性板6,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,还考虑风、地震等水平荷载工况或温度荷载组合,因此整体模型下弹性板的计算结果更全面^[1]。

为此,盈建科软件在楼板施工图的无梁楼盖有限元计算中设置参数,可直接读取上部结构计算中弹性板各单元配筋结果进行无梁楼盖的配筋设计。

8 结束语

与以前的框架结构相比,无梁楼盖体系具有占地面积大、提高楼板高度、施工支模简单、施工方便、绑扎便捷、缩短施工周期等优点,但抗震性能差、易受冲剪破坏,因此,设计单位要充分考虑这种结构体系的特点,确保其科学性和合理性。

参考文献

- [1] 牛寅,郝济,李振清.无梁楼盖结构不同计算方法分析比较[J].工程质量,2019,37(8):69-72.
- [2] 刘志海,甘立刚,康仲录.无梁楼盖柱头直截面摩擦剪切探讨[J].四川建筑科学研究,2020,46(3):52-57.
- [3] 柳温忠,陈强.柱帽大板无梁楼盖冲切安全影响因素分析[J].建筑技术开发,2021,48(6):127-128.