

# 高层住宅预制装配式混凝土结构设计分析

张东亚<sup>①</sup>

[合肥工业大学设计院(集团)有限公司, 安徽 合肥 230051]

**摘要:** 本文简要分析高层住宅结构特点, 重点强调高层住宅预制装配式混凝土结构设计要点和节点设计, 并以PC结构在高层住宅中的具体应用作为切入点, 对模具制定与安装、塑钢窗固定、预埋吊具和吊点、测量定位以及预制构件处理等方面进行研究, 以期能为相关人员提供参考。

**关键词:** 高层住宅; 装配式建筑; 预制混凝土结构

**中图分类号:** TU974 **文献标志码:** A



相较传统现浇结构, 装配式建筑构件可以在工厂实现产业化生产, 缩短工期、保证产品质量, 材料投入量相对减少, 降低了租赁费用; 标准化的生产能节省材料, 减少浪费; 产品机械化程度高, 降低人工成本和风险。现场作业量减少, 避免工地现场出现大量的建筑垃圾而产生对环境的污染, 利于环保。在当前国家提倡节能环保的政策下, 装配式建筑构件已经成为环保施工的代表之一。在此不难看出, 装配式建筑工程具有符合国家推行的绿色施工、节能、节材等要求, 真正属于可持续发展的建筑工程。本文对高层住宅装配式混凝土结构设计开展研究分析, 可以为装配式结构设计提供依据, 装配式结构在高层住宅中的应用也能获得一定支持。

## 1. 高层住宅结构特点

### 1.1 考虑水平荷载

虽然重力主导的竖向荷载对高层住宅建筑的设计有重要的影响, 但水平荷载对高层住宅建筑的影响也不容忽视。在具体设计过程中需要更加重视这一因素。在高层住宅中, 竖向荷载通常是固定的, 而水平荷载则随结构的动力特性而变化。一般来说, 水平荷载作用下的倾覆力矩与建筑物高度增加的平方成正比。

### 1.2 注重对高层建筑自重控制

在高层住宅的规划与设计过程中, 为了建造更高的建筑以提高土地利用效率, 必须合理减轻建筑物本身的质量。此外, 减轻结构本身的质量可以进一步提高建筑物的抗震性能。对高层住宅, 既要满足建筑物在正常使用中的强度要求, 又要有一定的抗震设计, 使结构满足

“小震不坏, 中震可修, 大震不倒”的三水准要求。

## 2 高层住宅预制装配式混凝土结构设计要点

### 2.1 结构布置要点

装配式混凝土结构工程设计不同于现浇混凝土结构工程, 需要具备完善的设计过程。在高层住宅中使用预制装配式结构, 为确保结构拥有良好的性能, 底部加强区和顶层应该选择现浇结构; 此外, 当剪力墙无角窗时, 施工人员要确保剪力墙中的孔上下对齐。如果房屋中存在凹凸不规则的位置, 则必须使用现浇梁和现浇板进行连接, 以降低其长宽比例, 保证其合理性。

### 2.2 结构计算要点

结构设计的计算方法和钢筋混凝土荷载与承载力的计算方法相同。整个过程主要集中在对接接头和搭接板的选择上, 避免装配式结构强度低于现浇结构。因此在计算时, 设计人员必须兼顾这一方面。此外, 在计算中不能考虑墙板之间的连接对剪力墙组合结构强度的影响, 因此必须严格控制位移角。

### 2.3 材料设计要点

装配式建筑材料设计时, 应该选择强度大于C30的高强混凝土以及高强度的钢筋, 以此来节约钢材。同时为最大限度地降低砌块的张力, 使混凝土抗拉强度得到提升, 施工人员应利用减小内外温差的方式, 以此减缓混凝土冷却速度, 从而实现这一目标。不仅如此, 施工人员还要做好养护工作, 因此在完成混凝土浇筑工作后, 施工人员应根据工程项目的具体情况开展养护工作, 确保混凝土浇筑质量能符合相关标准。

另外, 如果混凝土符合结构强度标准, 施工人员

**作者简介:** 张东亚(1989—), 男, 安徽淮北人, 本科, 工程师, 研究方向: 装配式高层住宅建筑结构设计。

可以将绝缘层拆除,并在混凝土终凝后,对其开展氧化处理。施工人员在剪力墙以及框架柱养护时,应选择养护液开展养护工作。要控制好养护时间,确保养护时间 $\geq 7$  d。在冬季进行施工时,通常应使用综合蓄热的方式进行养护,通过在混凝土中添加防冻剂,保证混凝土浇筑质量,并且在浇筑完成后,施工人员应在混凝土表面覆盖塑料薄膜以及防火草皮吊顶,以此保证混凝土浇筑质量,同时养护时间 $\geq 14$  d。为防止温度差异引起的裂缝,首先,应减小混凝土内外温差;其次,试着将混凝土浇筑现场的温度控制在一个相对稳定的范围内;最后,必须避免新旧混凝土之间发生不融合这一情况,以此保证质量。

### 2.4 构件设计要点

在构件设计中可减少组合构件种类,通过这种方式减少构件组合数量。在进行构件设计时,必须和构件制造商与设计人员开展沟通、交流,以此了解预制构件的生产与设计情况,从而避免设计或生产过程中出现困难。

### 2.5 设计时的成本控制

在对装配式混凝土开展设计时,设计人员必须控制好施工成本,以此避免浪费、保证质量和安全。设计阶段的成本控制可以节约总的生产成本。一方面,成本控制是市场发展的第一步。只有具备价格优势,才能在激烈的市场竞争中赢得市场份额。另一方面,科学、合理的设计可以有效节约原材料。精确计算可以在保证产品整体质量的同时,尽可能少地使用材料,得到相同的结果。

### 2.6 产品设计与设计图纸相吻合

产品设计应符合制造商的设计深度和要求。在精度方面,应严格遵守图纸和甲方要求,确保产品规范的一致性。根据甲方事先提供的设计图纸,将建筑设计图纸转换为预制混凝土结构图纸,在设计转换过程中,保证整体完整性,使转换后的设计与建筑设计无缝衔接。必要时,利用智能建模软件对设计场地进行建模,根据模型合理划分建筑结构,通过批量生产降低模型制造成本。

## 3 高层住宅预制装配式结构的节点设计

### 3.1 节点荷载传递和承载力设计

为了研究节点的荷载传递机理和承载力,必须先阐明节点的受力特性和荷载传递原理。接缝压力是混凝土强度的一部分,其中牵引力通过直接受力进行传递,即吸收力。此外,框架梁和连接梁为水平杆,连接力属于动力传递类。接头的强度主要取决于界面黏附力和连接件的强度。强度计算按相关标准的有关规定进行。对承重接头的设计,应首先计算结构强度,特别注意剪力。设计人员在计算时,必须确保接缝的抗压强度为实际使用材料的最小值。只有当结构设计

符合结构规范、计算的强度满足强度极限时,才能应用和扩展结构体系。如果结构的抗拉强度和抗剪强度高于混凝土构件本身,则可以认为结构系统相对安全。如果节点钢筋的强度大于结构本身的强度,就可以建立结构体系。

### 3.2 连接构造要求

(1) 焊接连接。焊接是所有结构连接方法中最常用的一种方法,具有材料简单以及连接牢固等特点。但需要注意的是,这种焊接方式连接的结构强度和环境条件密切相关,施工条件带来的限制较大。施工人员在焊接构件时,不仅要控制、深入研究以及焊接设备的选择,还要对大直径的钢筋焊接工艺开展深入的研究和探讨。

(2) 套筒灌浆连接。大量研究结果表明,套筒接头连接技术更容易满足钢筋的连接强度要求<sup>[1]</sup>。但是必须考虑从国外进口的套管与国内钢筋的结构强度相匹配。目前国内一些企业在套筒灌浆连接计算研究方面已取得一定成果,因此可以向其学习。在实际施工时,施工人员应先把连杆插入套筒内,然后灌浆并将其放置2 d。

(3) 搭接连接。由于搭接连接在施工中很少用于湿法作业,因此对环境条件的要求不高,在某些情况下更适合各种施工项目。但需要注意的是,在使用搭接连接方法时,施工人员必须确保所有构件的结构配置在允许的失效范围内。另外还要保证锚浆孔的边距应是钢筋直径的5倍,同时要确保净距增加3 cm。在此基础上,根据锚固长度,孔深应该增加5 cm。

## 4 PC结构在高层住宅中的具体应用

### 4.1 工程概况

以某城市高层住宅小区为例,规划总面积是126.42万 $m^2$ ,建筑总面积为168.4万 $m^2$ ,此外,该小区的公共建筑总面积为30.28万 $m^2$ ,整个项目居住面积136.8万 $m^2$ ,具体建设分为15个地块,其中一期12个地块,所有建筑均为19层住宅。

### 4.2 模具制作与安装

根据构件的差异,模具可分为吊模、内侧模、底模以及外侧模四个不同的部分<sup>[2]</sup>。在实际施工中,各部分的模板都能进行拆分,并借助活动螺栓连接在一起,具有良好的精度与刚度,可以有效满足高层住宅的施工要求,并且模板的安装定位十分准确,操作方便。但需要注意的是,在对模具进行制作时,对精度的要求相对较高,因此为保证模具的精准度,施工人员需要对几何尺寸进行控制,确保偏差在允许范围内,且模具的高度、宽度以及长度都不超过2 mm,同时底模与侧模的平整度偏差小于1 mm,此外还要将对角线偏差控制在3 mm。

钢模板进场后,要严格按照工艺设计方案,放置

在指定位置。底模安装完毕后,用水准仪测量高度,确保其高度差能控制在1 mm以内,并在调整后开展固定工作。施工人员在安装模具时,必须按照内、外、下、吊这一顺序进行连接。

#### 4.3 固定塑钢窗,做好安装施工

施工人员在高层住宅进行施工时,在应用预制外墙时,必须做好外门窗框预埋工作,固定钢模板,并完成相关的安装工作<sup>[3]</sup>。值得注意的是,施工人员在PC窗进行安装时,必须做好样本收集工作,并根据收集到的数据进行分析,以此确保安装工作能顺利进行。同时在塑钢窗放置前,施工人员应检查塑钢门窗的具体规格是否符合安装标准,避免发生损坏,从而影响安装质量。等钢筋骨架和钢模板安装完成后,需要按照具体要求把锚固铁皮折弯。

不仅如此,施工人员在PC窗框与钢模板开展拼装时,为防止在实际操作中出现变形,应该先在钢模板底模上垫外框钢支架,然后将外框平放在钢模板底模上。同时在钢支架和外部框架间应采用木板隔开,并且为了确保隔离具有合理性,应避免钢梁与外框直接接触,要选择7 mm的木板进行隔离。

#### 4.4 预埋吊具和吊点

在预制件加工环节,应依据构件的质量要求科学选用加工用材料,如使用性能满足规范要求的HPB300钢筋。在实际施工时,施工人员需要注意吊装预制板时的受力情况,并尽可能选择钢扁担作为起吊工具,通过这种方式可以最大限度地保证吊装的垂直度。在使用钢扁担时,采用吊点设置法,提高钢筋的通用性。另外施工人员在PC楼板钢筋绑扎时,必须根据设计图纸的要求开展PC楼板钢筋和预埋件的焊接工作,使其拥有良好的牢固性,保证预制构件安装质量,避免出现安全隐患。预埋件焊接完成后,许多作业(如混凝土浇筑)都需要进行适当的保护工作,以避免施工过程中预埋件之间不必要的碰撞,从而导致预埋件位移,影响施工质量。

#### 4.5 测量定位

高度测量和控制的质量将直接对装配式建筑的定位和安装产生一定的影响<sup>[4]</sup>。在工程施工过程中,应根据工程的具体特点,对所提供的坐标系进行逐步引入和控制。在土木工程中,一般采用网格点法控制工程的设计水平,而在工程的竖向控制中,一般在底层设置四个测量点,以保证最终的检测结果满足工程的要求。

施工人员在PC对地面上的网络进行设置时,必须围绕工程平面形状进行,并在地下室顶部设置垂直控制点,以此形成交叉点,并最终形成一个横向网络,以避免高层建筑每层的墙、梁、柱和其他结构,点之间的视线不会被保留的钢筋(如柱和中心管)阻挡。施

工人员在浇筑屋顶混凝土时,需要把固定导轨的测量点设置在交叉点,并在混凝土浇筑完成后,对放线开展测量,但需要注意的是,该作用应该围绕固定引线点进行。

#### 4.6 预制构件处理

在对预制构件进行安装施工时,每层的吊装顺序需要按照立面逆时针开展逐层安装<sup>[5]</sup>。另外,施工人员需要避免在对预制构件操作时,发生错误或者混淆等情况,以此保证预制构件安装质量。同时,对预制板间的垂直与水平裂缝,施工人员需要采用未发生膨胀的水泥砂浆以及柔性良好的材料进行填充,此外,在对水平裂缝进行处理时,施工人员需要使用双面胶带,并在进行吊装墙板前,将需要胶带的部位清理干净,以免对胶带的附着力产生不利影响。在涂抹完胶带后,施工人员应将墙板分条放置,并用两块高架墙板进行固定,然后借助海绵条填塞两块墙板之间的垂直裂缝,最后通过微膨胀水泥砂浆对其进行填平密封。

通过将要安装的面板定位螺钉和底部面板定位卡进行初始定位,由于预制构件在厂内便完成了定位螺钉以及定位卡安装,所以无须在施工现场进行相关处理,这使其在准确性方面表现突出。施工人员在初始定位后,只需巧妙地调整零部件的位置便能完成预制构件的安装工作。一般情况下,有必要使用水准仪对构件的标准进行复核,并借助调节斜拉杆的方式对预制构件的垂直度进行调节,确保其符合相关标准,以此加强PC结构在高层住宅中的应用。

### 5 结束语

综上所述,要想加强PC结构在高层住宅中的应用,还要综合考虑各种应用方法与工程具体情况,以此进行有利方案的选择。在此基础上,才可以把各种PC结构的应用方法整合在一起,进而加强PC结构在高层住宅中的应用,保证结构质量。

#### 参考文献

- [1] 任程云.预制装配式混凝土住宅施工关键技术研究[J].科学技术创新,2022(28):159-162.
- [2] 祖庆芝.基于BIM技术的预制装配式混凝土结构设计分析[J].江西建材,2021(7):94,96.
- [3] 黎灿坤.基于BIM技术的预制装配式混凝土结构设计探讨[J].低碳世界,2021,11(5):180-181.
- [4] 黄喜新.装配式混凝土住宅结构设计分析[J].住宅与房地产,2021(15):113-114.
- [5] 胡瑛,施继余.BIM技术下的预制装配式混凝土结构设计方法讨论[J].建筑技术开发,2020,47(3):21-22.