

装配式建筑结构设计要点与应用分析

崔欣荣¹ 杨敏²

1. 铁设院(山东)工程科技有限公司; 2. 山东省新宇建筑工程设计有限公司

摘要: 目前我国的装配建筑行业尚处在初步发展时期,在设计、构件制作加工能力、施工安装等各环节都有一定的不足,导致实际应用情况与装配式建筑的目标预期存在较大偏差,甚至加大了投资成本、增加了建设工期。必须通过科学的组织、合理的设计、有效的施工保障,推动整体装配建筑的健康发展。

关键词: 装配式建筑; 结构设计; 要点分析

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.23.103

一、概述

在以往的建筑设计过程中,人们通常采用传统的工作方式完成房屋建设过程。在此之前,负责建筑设计工作的相关工作者需要遵循相应的设计原理,并根据建筑物所在的位置及其实际用途展开相应的设计工作,为相关工作者后续施工工作的正常进行提供一定的房屋设计方案。相关人员采用这样的工作流程虽然能够按时完成工程的建设工作,但这种循规蹈矩的建筑工程施工体系并不能有效提升房屋的建设速度。为了突破建筑行业的发展瓶颈,相关工作者逐渐开始运用装配式施工方式完成房屋的建设工作,尽可能地缩短工期,加快建筑物的建设速度。为了有效运用装配式方式完成房屋建设过程,需要提高自身对装配式建筑结构设计要点的熟悉程度,并有效提高自身对该部分内容的运用能力,继而更好地参与到后续的建筑结构设计过程中。

运用装配式建筑方式完成相应的房屋建设工作,需要相关施工人员提前制作相应的构件,为后期施工过程提供大量的构件,以便相关工作者运用适当的方法将这些构件进行有效结合,继而有效缩短工程建设时间,加快工程建设速度。在使用预制构件完成装配式工程建设目标之前,相关工作者需要提前了解装配式建筑物承重墙以及剪力墙等不同类型墙体的布局情况,并根据建筑结构空间分布图对现有的预制构件计划进行有效调整,确保整个装配式建筑物具有一定的抗震性以及稳定性,提高建筑物内部结构的安全系数。虽然运用装配式建筑方法完成房屋的施工计划能够有效缩短工期,但是却增加了在此过程中人力以及物力的投入量。为了对工程进行有效管理,在制定建筑结构设计方案时,需要综合多方面因素对工程实际建设情况进行分析,在有效提高建筑物施工质量的同时,尽可能避免不必要的建设过程,让整个建筑物的实际建设过程更容易完成,既能达到缩短工期的目地,又有效提升建筑结构的稳定性,与此同时也未给建筑工程造成过大的财政压力。由此可见,负责装配式建筑结构设计方案的工作人员在制定相应的设

计方案时所需要衡量的因素较多,这便更加凸显了设计方案在整个工程建设中的重要性。将装配式建筑方式运用于房屋建设过程中,并非相关工作人员心血来潮的做法,而是建筑业不断向前发展的必然趋势^[1]。

二、装配式建筑设计特点

(一) 设计标准化

装配式结构的大多数部件都需要在工厂进行规范化制造,现场只进行少量的制作、安装工作。大量的工厂加工工作要求构件尽量标准化、从而实现生产的批量化,才能体现工业化加工低成本、高质量的特点。同时构件的运输也应满足国内公路、铁路等运输条件标准化的要求。现场安装工作也应尽可能标准化,提高工人操作的标准化,提高机械安装代替人工操作的可能性。设计的标准化是实现加工、运输、安装标准化的关键环节,必须在设计过程中尽可能提高装配式建筑标准化率,形成模块化制造、拼装的建造方式^[2]。

(二) 设计精度高

构件的工厂加工精度一般情况是高于现场工人手工制作的精度的,但是现场制作最大的特点是人工调整的能力强,在工厂批量加工好的构件运至现场就不具备构件再调整的可能性了,原来在现场布置的一些管道、洞口、埋件等也要准确表达在构件加工图中,不能根据安装后的尺寸现场加工,任何设计的偏差可能直接导致加工的构件报废或现场的拆改。这就要求设计必须提高设计精度,所有需要工厂加下构件都要拆解成对应关系准确的部分。

(三) 连接部位设计要求高

装配式建筑最重要的特点是需要将工厂加工的构件通过现场的连接构成一个整体,综合考虑连接节点的受力、防水、保温、隔声、防火、适应变形、便于操作等性能,原来可以通过现浇材料解决的问题变得突出出来。如何构造出巧妙的节点实现连接部位的各项功能是装配式建筑的重要课题。连接部位的设计是装配式结构设计的重要环节^[3]。

(四) 设计、制造、安装高度结合

与传统建筑的设计单位只设计,施工单位负责建造的模式完全不同,装配式建筑是把工业制造与现场组装结合在一起的复杂产品,设计必须同时考虑工厂加工能力、运输能力、安装方案。

三、装配式建筑结构设计要点

(一) 明确设计流程

相关装修人员在进行装修时,需要根据建筑物整体的建筑标准和施工流程进行装配,这样可以保证装修和

设计工作符合国家的标准，同时也符合建筑市场内对于各项要求的指标。相关设计人员在进行装配式建筑物设计时，要充分地考虑建筑物的实际用途，并结合真正的用户需求，防止因施工问题或材料组件遗漏而造成企业的经济损失或给居民用户带来不可调解的矛盾，这也是为了能够保障建筑工作后期顺利开展的有效前提。设计人员在对装配式建筑物进行设计时，需要对周边的环境以及施工现场的施工情况进行勘查和检验，这样可以进一步明确施工环节对于整体设计的影响，同时也能够保证施工现场的施工质量，进而为更高要求，更高效的建筑结构设计工作提供帮助，同时也可以为建筑中所需要的数据信息提供可行性和科学性的保障。相关的设计人员还要了解建筑项目的规模以及对于经济成本的控制，并从市场内部的视角，在保证整体建筑设计的基础上，进一步对设计要求进行完善和创新，以确保所设计的建筑项目效果达到最佳^[4]。

（二）建筑立面设计

立面设计与平面设计进行相比更具有抽象性和具体化，因此相关设计人员在对立面工作进行设计时，需要对每一个细节进行严格的把关。首先，设计人员在对立面结构进行设计时，应该遵循标准化的施工原则，并且在保证个性统一的基础上，对建筑物的构件装饰面进行统一的要求。例如，在对建筑物外墙或带有纹理墙面的装饰设计时，要注意它们之间的搭配和组合。其次要保证建筑结构的立体化和多元化。通过利用空调板，门窗等的装饰，以此来搭配出更具有现代化的建筑效果，并以立体的结构为视角，从而对所安装的零件进行灵活调整，这样不仅能够突出装配式建筑物的立体效果，同时也能够使得装饰所呈现的效果更加具体化，多元化，进而美化建筑物的设计要求^[5]。

（三）剪力墙构件设计

为保障装配式建筑剪力墙结构具有良好稳定性和安全性，有效满足各项建筑功能，则需要充分做好剪力墙构件设计工作。即是对预制剪力墙板进行设计时，常见形式是设计为矩形或者“L”形，严格控制墙板的高度小于6.0m，单块墙板重量在6t以下。当对预制剪力墙板上进行开洞操作时，严格采用居中布置形式。洞口形状以圆形为主，如按照要求需设计为方孔时，应当将门窗口角部位作成小圆角，配置直径为8mm的斜向钢筋，也可设置直径4mm小网片。当在墙面部分进行连接预埋件锚板的埋设作业时，相关人员应将锚板嵌入板面约10~15mm左右，再实施焊接，及时清理施工现场，保证整洁性。然后对构件涂刷防锈漆，利用水泥砂浆实施抹平处理。在设计剪力墙构件时，需重点控制门窗连梁以及钢筋锚固等部位，其通常不宜做开洞处理。如有特殊要求必须开洞，施工人员可在跨中或截面中间约1/3处设置洞口。在孔洞内设置钢套管时，为加强其稳定性和安全性，可对箍筋进行加密。另外，在实际施工期间，

部分钢筋混凝土墙板需开设相应的孔洞，要想提高施工质量，可在洞口附近加设构造钢筋，保证截面面积超过洞口所切断的钢筋面积即可。对连梁构件进行设计时，考虑工程实际情况，多数选择现浇施工，设置开洞预制剪力墙连梁时，促使其与现浇圈层等形成叠合梁形式，保证其抗弯以及抗剪承载力的计算符合混凝土结构设计规范。

（四）预制墙体连接节点设计

设计装配式剪力墙结构时，对其高宽比、高度以及规则性等，应充分满足建筑行业标准。并考虑到装配式剪力墙结构会受到水平荷载以及竖向荷载的作用^[6]，为保障其稳定性和功能性，应当促使其构件处于弹性状态，对结构变形和内力实施整体计算。当连接构造与竖向连接均符合行业标准要求后，应当合理设置连接节点。一般情况下常用节点设计形式包括一字型节点、T型节点、L型节点。如针对预制楼板顶面，可有效实施套筒灌浆料、现浇圈梁以及水平现浇带等，进而有效实现混凝土的连续浇筑。为保障结构竖向钢筋具有连续性，应对现浇结构混凝土和预制墙板的结合面，运用抗剪键槽联合粗糙面形式。

（五）剪力墙叠合楼板设计

叠合楼板在装配式建筑剪力墙中具有重要的地位，可作为二阶段成型时的水平叠合受弯构件，有助于为结构施工活动提供有效支撑。并按照相关混凝土结构设计的规范内容，合理设计受弯构件，并准确计算相关参数，综合施工经济性和标准的考虑，可采用叠合楼板设计及计算方法，参照模台、养护窑等参数，设计现浇层的厚度。如叠合楼板的刚度有所增加时，需进一步加厚现浇层。

（六）优化剪力墙结构竖向布置

由于剪力墙的抗侧刚度相对较大，当在结构设计中，剪力墙设置不连续时，很容易出现结构楼层侧向的刚度发生突变，导致应力集中，进而形成薄弱层，所以在布置竖向构件时，应当保证均匀性和连续性，避免出现刚度突变问题。同时为便于开展施工作业，改善剪力墙结构的受力情况，需将剪力墙的洞口设计为上下对齐、成列布置形式，有利于形成明确的墙肢和连梁。此时应注意对墙肢宽度的设置，不宜出现差距过大。在抗震设计中，针对一级、二级和三级剪力墙的底部加强部位，严禁采用洞口不对齐的错洞墙形式，如无法避免布置错洞，可按照有限元方法进行计算分析，在洞口周围设置相应的加强措施，比如可在不规则洞口周边填充轻质材料，将洞口转化为规则洞口，防止出现应力集中和应力复杂的问题。

（七）科学设计连梁

对于当前应用较为普遍的剪力墙结构中，连梁属于一项重要构件，主要目的是控制剪力墙所产生的水平力作用，防范出现墙肢变形等情况，促使建筑结构整体安

全。设计人员在开展设计工作时，应当科学把控对连梁构件的设计规划，遵循科学性和合理性原则，尽量避免出现超筋。比如可对建筑剪力墙的连接弯矩、剪力塑性等进行有效调整。同时按照实际情况，对连梁界面高度实施控制。如果连梁遭受损害或破坏时，剪力墙的竖向荷载无明显变化，则无须设置构件进行固定，仅需要对墙肢配筋进行优化即可，有助于提升建筑剪力墙结构的整体性能和优势。

（八）合理布置平面结构

平面结构布置在高层建筑装配式剪力墙结构设计中，属于一项关键要点。在具体布置的过程中，需要严格按照整体性原则实施把控，尽可能实现简单和均匀对称。同时在设计平面结构的布置方案时，针对较大的建筑结构长度和宽度，且存在不规则的情况，要尽量布置适当的伸缩缝，从而确保设计合理性。在布置剪力墙的过程中，需严格按照周围布置的基本原则实施操作，进而增强结构整体性，提升抗扭转能力。而对于结构质量中心，需与结构刚度中心相重合，有利于在发生地震时，减少扭转力，避免对建筑构造产生不利影响。

（九）预应力SP板与剪力墙连接节点

预应力板以50mm的搁置长度搁置在剪力墙上，将墙体作为预制叠合板的临时支座使用。SP板与剪力墙连接处偏薄弱，对其做加强处理时，先在SP板芯孔位置开设长槽，沿布板方向按600mm的间距依次加筋，利用增设的钢筋增强延性。SP板板槽现浇时连同墙板顶部预留70mmX200mm的部分共同进行，以保证结构的完整性，提高墙板与SP板的连接刚度。即便墙板顶涉及现浇作业，但预留尺寸较小，现场现浇工作量可得到有效控制，能够满足项目减少现场湿作业量的要求。现浇混凝土时对预制墙板水平拼缝做封堵处理，消除室外水气的转移路径，避免室内受到室外水气的影响。经过预制墙板水平拼缝的封堵作业后，对保证结构耐久性和提升用户使用的舒适性而言均有重要作用。

（十）现浇梁与预制墙体连接节点

在预制剪力墙上开设梁槽，预留梁支座并后浇混凝土，按此流程操作后，可实现对连接节点的整体连接处理。梁槽的宽度与梁宽保持一致，高度控制在460mm，梁槽搁置在剪力墙的支承长度与墙体厚度保持一致。项目设计中，剪力墙与其平面外相交的楼面梁以铰接的方式进行连接，因此未在楼面梁轴线方向设暗柱（此装置的主要作用在于连接梁）。现浇梁的纵向钢筋锚入剪力墙顶部的暗梁和现浇梁槽内，配筋时应充分考虑锚固长度的要求，以此来控制钢筋的长度，确保钢筋布设到位后有足够的伸入长度。

四、装配式建筑结构体系设计发展趋势的分析

与传统的建筑项目相比，装配式建筑工程在节能、环保的优势方面较为突出，这也正是我国政府所倡导的结果。从现阶段装配式建筑市场的发展行情进行分析，

虽然相关的施工技术不成熟，还在最初的发展阶段，但是随着相关科学家的研究以及各企业的实施进步，相信在不久的将来会推动装配式建筑市场模式的发展。要想快速地推动装配式建筑市场的发展，各部门首先要完成相应的文件工作，例如装配标准、项目要求、施工流程等，并在政府规定文件的标准下开展工作，合理地贯彻监督工作；为了能够使每个流程和环节都按时顺利地向前推动，应该对人员的任务、工作内容等进行合理的配置和管理，这样不仅能够保证工作中的有序性与合理性，同时还能为加强建立各个部门的联系奠定有效基础。另一方面，为了保证装配工作的质量，设计图是必不可少的，设计图纸的科学性和实时性，是整个装配工作的纽带，因此要加强各人员的重视度，同时对于开展建筑项目是非常重要的，可以按照传统的分割方式对员工的施工工序进行布置，通过逐步推进成熟化的设计体系，进而保障建筑物的安全质量，为我国整个建筑市场的发展空间拓宽道路

结束语

装配式建筑倾向于设计与生产相结合，将工厂生产与现场施工紧密结合，但因设计缺少相关的经验，使得装配式建筑工程造价成本高、建设难度大。与传统现浇混凝土建筑比较，装配式建筑节能、造价低廉、工程效率高的特点需通过适应性的设计才能充分显示出来。必须根据工程的特点，采取适宜的设计组织模式和设计工具，制订完整的设计方案，优化结构体系，提高标准化模块重复率，注重连接节点的设计，使设计、加工和施工相融合，从而达到提升工程施工质量、节省投资、提高效益的目的，才能促进装配式建筑长期稳定发展。

参考文献

- [1]方鲁兵, 范家茂, 汪雪微. 装配式建筑混凝土结构系统设计的研究[J]. 芜湖职业技术学院学报, 2022, 24(03): 48-52.
- [2]许浩, 高超, 刘宇等. 基于BIM的装配式结构参数化设计特点分析[J]. 智能建筑与智慧城市, 2022(09): 109-111.
- [3]何聪利, 党智军, 邱丰实. 装配式建筑结构体系设计要点及发展趋势[J]. 品牌与标准化, 2022(05): 120-122.
- [4]张利, 李晓英, 张琴. 装配式钢桁架桥跨结构设计及抗侵蚀分析[J]. 兵器材料科学与工程, 2022, 45(05): 96-101.
- [5]成尚锋, 钟文健, 谷任国等. 装配式格梁护坡新型节点结构设计与试验[J]. 广东公路交通, 2022, 48(04): 34-40.
- [6]李磊. BIM技术在装配式混凝土结构设计中的应用[J]. 中国建筑金属结构, 2022(08): 130-132.