

浅析钢筋混凝土装配式建筑

李 国¹, 蒋跃楠²

(1. 南京城镇建筑设计咨询有限公司, 江苏 南京 210015; 2. 金陵科技学院建筑工程学院, 江苏 南京 211169)

摘 要: 钢筋混凝土装配式建筑遵循了绿色环保建筑的理念, 具有节能、节材等优点, 装配式建筑从施工到装修采用一体化设计, 随着数字化管理与技术发展, 其性价比越来越高, 目前钢筋混凝土装配式建筑在建筑领域得到了广泛应用。介绍了装配式建筑的发展, 分析了钢筋混凝土装配式建筑的节点分类和设计实例, 希望通过积累本土经验、借鉴国际先进技术, 加快推动钢筋混凝土装配式建筑的发展。

关键词: 钢筋混凝土; 装配式建筑; 节点连接; 节点设计

中图分类号: TU741

文献标识码: A

文章编号: 1672-755X(2019)01-0052-05

Analysis of the Reinforced Concrete Prefabricated Building

LI Guo¹, JIANG Yue-nan²

(1. Nanjing City-Town Architects, Nanjing 210015, China; 2. Jinling Institute of Technology, Nanjing 211169, China)

Abstract: The reinforced concrete prefabricated building follows the concept of green building. It has the advantages of energy and material saving and the integrative design from construction to decoration. With the improvement of digital management and technology, its cost performance is higher and higher. Today, the reinforced concrete prefabricated construction has been widely advanced. In this paper, the development of the reinforced concrete prefabricated building has been introduced, the node classification and a design example has been analyzed. It is hoped to accelerate the advance of reinforced concrete prefabricated building by accumulating the local experience and drawing on the international technology.

Key words: reinforced concrete; prefabricated building; joint connection; joint design

在一百多年前就有了装配式建筑的概念, 著名的早期装配式建筑是英国女王维多利亚建造的“水晶宫”, 第一次工业革命结束后, 英国取得了辉煌的成果, 为了举办博览会, 在伦敦海德公园用不到 9 个月的时间建造了 7 万多平方米的“水晶宫”(图 1)。“水晶宫”建筑物总长度 563 m, 即 1 847 ft, 用以象征 1847 年是建造时间, 建筑物宽度 124.4 m, 共有 5 跨, 以 2.44 m 为单位(因为当时玻璃长度为 1.22 m, 用此尺寸作为模数)。其外形为一简单的阶梯形长方体, 并有一个垂直的拱顶, 各面只显出铁架与玻璃, 没有任何多余的装饰, 完全体现了工业化生产的特点。“水晶宫”整座建筑只用了铁、木、玻璃三种材料, 共使用铁柱 3 300 根, 铁梁 2 300 根, 玻璃 9.3 万平方米, 是一座典型的早期装配式建筑物。随着水泥的问世, 钢筋混凝土结构得到了广泛使用, 第二次世界大战结束后, 欧洲面临劳动力短缺和住房紧张两大困难, 为了进行战后重建, 1921 年法国建筑师柯布西耶提出了“像造汽车一样造房子”的想法, 促使了钢筋混凝土装配式建筑在欧洲的迅速发展, 到 20 世纪 60 年代, 德国、美国、日本等国都已有了较为完整的钢筋混凝土装配式建筑体系。

收稿日期: 2019-01-16

作者简介: 李国(1995—), 男, 四川南充人, 助理工程师, 主要从事建筑结构设计工作。



图 1 “水晶宫”效果图

1 我国钢筋混凝土装配式建筑的发展

我国的装配式混凝土建筑结构始于建国初期,但由于节点连接不好、抗震性能不佳等原因在 20 世纪 90 年代以前,装配式混凝土建筑结构一直较少应用,近 20 年来,由于劳动力价格的提高,现浇钢筋混凝土结构成本大幅增加,促进了装配式混凝土建筑结构的发展。从 2010 年起,我国一些实力比较强的房地产公司开始研究钢筋混凝土装配式建筑,国家随后通过奖励容积率、财政补贴等措施鼓励发展钢筋混凝土装配式建筑,在 2013 年,北京、上海及一些沿海城市首先建造了钢筋混凝土装配式建筑,然后,国家发改委发布了《国务院办公厅关于大力发展装配式建筑的指导意见》,该意见明确“健全标准规范体系、创新装配式建筑设计、优化部件生产、提升装配施工水平、推进建筑全装修、推广绿色建材、推行工程总承包、确保工程质量安全等”八个重要任务。目前山东、重庆、浙江等其它地区也相继颁布了关于装配式建筑的实施及指导意见,钢筋混凝土装配式建筑已经从需求变成了要求,从鼓励变成了强制。

近几年,国内很多学者都进行了钢筋混凝土装配式建筑的课题研究,李兵^[1]对钢筋混凝土装配式建筑与绿色建筑的关系进行了分析;周相友^[2]研究了钢筋混凝土装配式建筑的施工技术;施洪清^[3]介绍了钢筋混凝土装配式建筑工程的质量控制问题;李言海^[4]探讨了钢筋混凝土装配式建筑的预制构件制作要点;卢求^[5]对比了德国装配式建筑的标准规范与技术体系,基于这些理论和技术的支撑,钢筋混凝土装配式建筑的形式越来越丰富,应用范围也越来越广泛。建设部在《“十三五”装配式建筑行动方案》中指出:2018—2020 年,全国装配式建筑占新建建筑的比例要达到 15% 以上,对主动采用装配式建设的商品房项目,在办理规划审批时,其外墙预制部分不计入容积率、对政府投资或主导的项目采用装配式建筑,增量成本将纳入建设成本,在这些政策的扶持下,钢筋混凝土装配式建筑的应用前景将越来越好。

2 钢筋混凝土装配式建筑的节点分类

按照构件名称,钢筋混凝土装配式建筑结构的节点可以分为梁—梁节点、柱—柱节点、墙—墙节点、板—板节点等,如下图 2—图 5 所示。不同的构件其节点连接方式是不同的,钢筋混凝土装配式建筑竖向构件之间的节点使用钢筋套筒连接,水平构件之间的节点使用螺纹连接。板—板之间的节点分单向板和双向板,单向板之间的节点有密缝和拼缝两种连接形式,如果将两块单向板紧靠在一起,在切角处浇筑砂浆的连接是密缝连接,这种连接有免支模、施工快等优点;如果在单向板之间留 30~50 mm 的缝隙,在缝隙内采用一定构造措施进行连接的是拼缝连接,这种连接方式整体性好,后期使用中不易开裂,且可采用吊模施工;双向板之间的节点要通过两端外伸的钢筋相互搭接后再浇筑拼缝,这种连接方式的整体受力性能最佳,后期使用效果最好。

按照操作方式,钢筋混凝土装配式建筑的节点分为干式连接、湿式连接、柔性连接、混合连接等类别。干式连接有钢板连接、螺栓连接、焊接连接、企口连接、套筒连接等。干式连接的节点一般为铰接,其构造

简单,外伸钢筋较少甚至没有,几乎不用考虑钢筋的碰撞问题,设计及施工都比较方便,对于操作人员的专业技能要求不高,质量容易把控;但干式连接不能传递弯矩,在上部荷载不变的情况下必然导致构件尺寸增加和配筋增加,因此,干式连接的成本较高,而且在相同的地震烈度和分组情况下,节点受到的地震作用力大,尤其是房间净高较小时,管线可能会穿过预制构件,增加了预制构件制作的难度和复杂性。

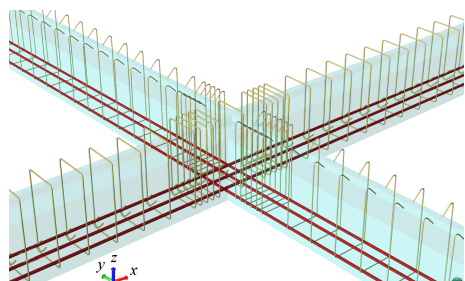


图 2 梁—梁节点示意图

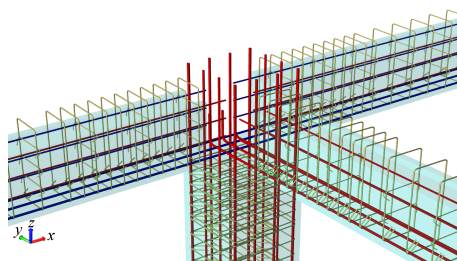


图 3 梁—柱节点示意图

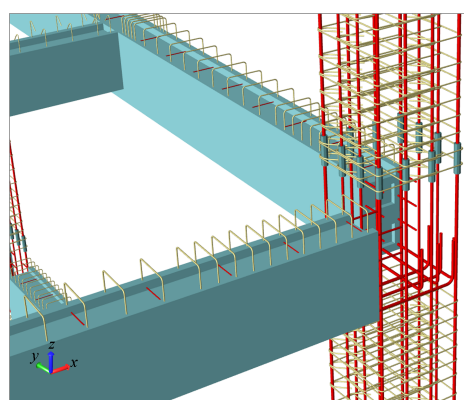


图 4 柱—柱节点示意图

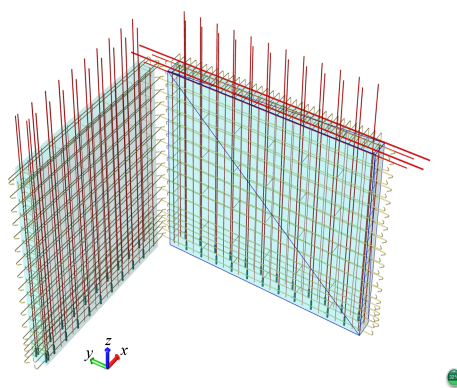


图 5 墙—墙节点示意图

湿式连接主要有现浇连接、浆锚连接、预应力技术后浇连接、灌浆拼装和榫式连接等形式。湿式连接在节点处现浇,节点刚度大,可按照刚性节点进行处理,各方面性能与现浇结构类似,且湿式连接的节点混凝土等级一般高于构件,不会出现节点剪扭比、剪压比不足等质量问题,因此,湿式连接的节点受力性能好,符合“强节点、弱构件”的设计理念,但湿式连接的钢筋数量多,容易出现钢筋碰撞、钢筋净距不够等问题,湿式连接需要支模,施工较为复杂,设计时通常采用较大直径的钢筋来减少钢筋的碰撞,但大直径钢筋,其相对表面积小、需要的锚固长度大,否则在地震力作用下会由于混凝土对钢筋的握裹力不足而出现钢筋拔出破坏的现象。

工程上习惯将干式连接按照铰接体系设计,因此,铰接体系适用于不考虑地震设防且基本风压较小的低层建筑;湿式连接为刚性节点,适用于低层到高层的所有结构类型。柔性连接介于铰接与刚接之间,但存在转动刚度,目前对柔性连接的刚度取值缺乏依据。在一些多层和高层建筑中也采用铰接、刚接及耗能减震元件组合的混合连接,在这种连接中,抗震构件采用刚接分布在外围,耗能元件分布在楼梯等部位,其余构件采用铰接,这样可以最大程度地发挥装配式建筑的优势。

3 钢筋混凝土装配式建筑的节点设计实例

南京市江宁区某初级中学,总建筑面积 3 万余平方米,地上建筑面积 2 万余平方米,包括教学楼、办公楼、风雨操场、多功能教室、餐厅等建筑物,所有结构都为钢筋混凝土装配式整体框架,不同的节点采用了不同的连接方式。

1)梁—梁连接。本工程梁与梁连接主要是主梁和次梁的连接,由于主、次梁均为预制件,因此,在主梁上留出豁口使次梁搭接在主梁中,且次梁的钢筋伸入主梁内不小于 12 d。为了保证预制次梁在脱模、运输、吊装过程中不被损坏,在豁口处增设了单角钢,如图 6 所示。对于预制次梁较小的节点,则采用预留通缝,增设双角钢的方式来保证连接点的强度,如图 7 所示。

2)梁—柱连接。本工程梁与柱的位置关系有梁与柱外边对齐,梁与柱中心对齐两种形式。根据规范要求,梁底纵筋宜伸至柱纵筋对侧,且要满足锚固长度的要求。由于工程中梁底钢筋直径较大,为避免出现钢筋碰撞问题,采用了如图 8 所示的钢筋连接方式。

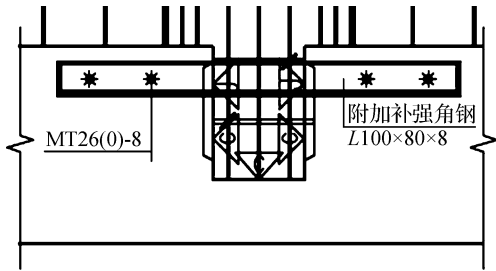


图 6 预留豁口单角钢固定(单位:mm)

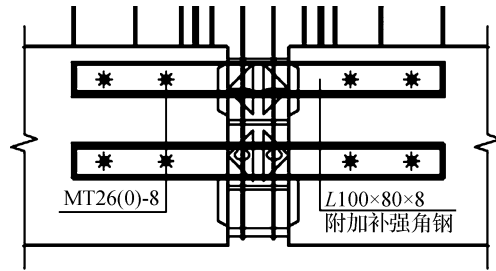
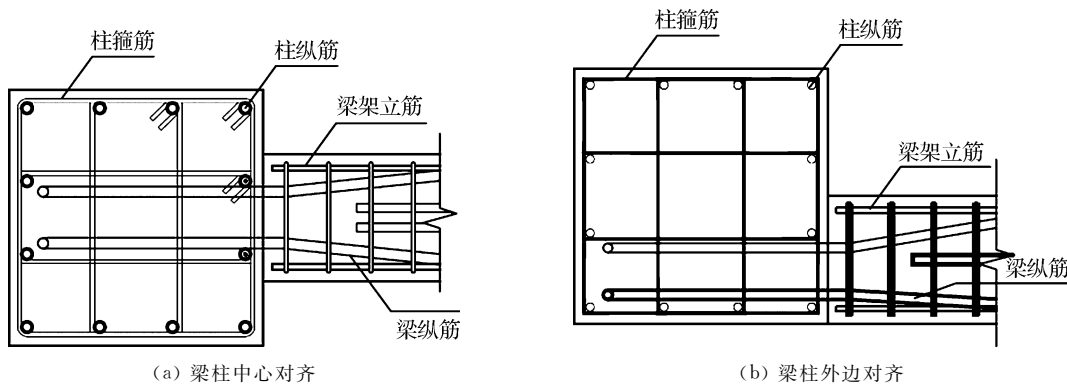


图 7 预留通缝双角钢固定(单位:mm)

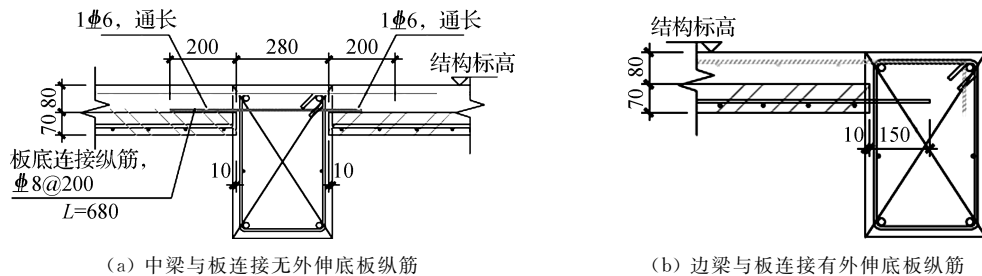


(a) 梁柱中心对齐

(b) 梁柱外边对齐

图 8 梁柱节点钢筋图

3)梁—板连接。本工程梁板连接有边梁—板侧、边梁—板端、中梁—板侧、中梁—板端和中梁端—侧五种连接方式。由于采用单项叠合板设计,板的半侧都没有伸出钢筋,只在板端留出受力纵筋并使纵筋外伸至板支座中心处,如图 9 所示,这样既满足规范要求又避免了梁板钢筋的碰撞问题。



(a) 中梁与板连接无外伸底板纵筋

(b) 边梁与板连接有外伸底板纵筋

图 9 梁板连接钢筋图(单位:mm)

4)板—板连接。本工程预制板之间采用密缝连接,如图 10(a)所示,只有进深不是板宽整数倍的房间采用了拼缝连接,如图 10(b)所示,其目的是为了减少预制板的种类。

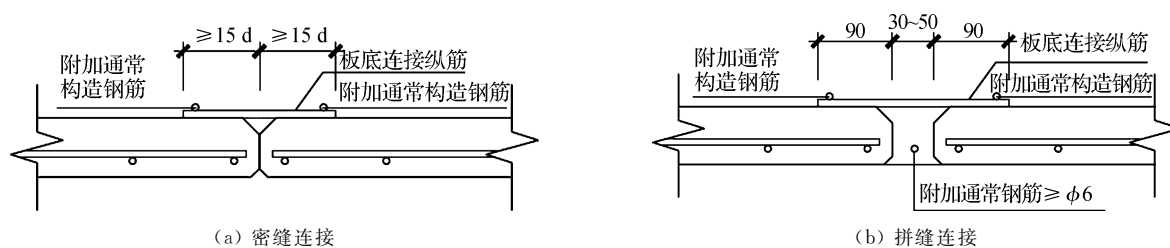


图 10 板节点示意图(单位:mm)

4 结 语

在加快推进以“标准化设计、工厂化生产、装配化施工、成品化装修、信息化管理”为特征的建筑产业化发展新形势下,大力推广钢筋混凝土装配式建筑具有十分重要的现实意义,钢筋混凝土装配式建筑在减少建筑垃圾和扬尘污染、缩短建造工期、提升工程质量方面优势明显,钢筋混凝土装配式建筑设计要满足几个要求:1)钢筋混凝土装配式建筑应重视节点设计,在满足受力性能的情况下应尽量简化节点构造,通过合理的节点设计,采用较少钢筋达到对构件的最大约束,符合“强节点,弱构件”、“强剪弱弯”等抗震设计要求。2)钢筋混凝土装配式建筑在构件拆分时应避开受力较大的关键部位,拆分后的构件尽量简单,便于模板设计、钢筋绑扎、混凝土浇筑和运输吊装。构件的单体重量应均匀,这样有利于垂直起吊设备的选型和提高吊装效率。对于大开口或因设计需要对截面削弱较多的构件,在运输前应做好加固处理,避免构件破坏。构件拆分尽量少规格、多组合以提高模板的利用率,减少工程费用。3)设计人员应与时俱进,主动学习钢筋混凝土装配式建筑的相关知识,掌握与装配式建筑相关的设计软件、算量软件、施工软件等,装配式建筑设计属于结构设计,设计人员必须同时具备构件设计和结构整体设计的能力。

参考文献:

- [1] 李兵. 装配式建筑关键技术在绿色建筑中的应用[J]. 绿色建筑, 2017(6): 51-53
- [2] 周相友. 预制装配式建筑施工技术研究[J]. 工程建设与设计, 2018(8): 166-167
- [3] 施洪清. 钢筋混凝土装配式建筑工程的质量控制[J]. 装配式建筑, 2017(6): 43-45
- [4] 李言海. 钢筋混凝土装配式建筑的预制构件及其施工要点[J]. 住宅与房地产, 2018(5): 188
- [5] 卢求. 德国装配式建筑标准规范与技术体系[J]. 住宅产业, 2017(6): 19-26

(责任编辑:谭彩霞)