

装配式建筑施工结构节点优化及处理技术研究

王海涛

上海宝冶集团有限公司 上海 201900

摘要: 随着经济的发展和社会的快速进步,促进建筑行业整体工作内容的转变是迫切和势在必行的。20世纪90年代以来,中国的房屋建设基本方式是采用现浇结构,很多工作和过程和完工都是工人在施工现场,劳动强度大,情况复杂,工序交叉,施工组织,管理难度高,随着社会的变化,劳动逐渐减少,绿色环保对节能减排的要求越来越高,以劳动密集型和手工劳动密集型为主体的施工现场受到了严峻的挑战,建筑业的产业现代化已成为社会的选择和必然趋势。近年来,装配式建筑从刚开始发展到现在蓬勃发展,仍然存在着许多问题和困难,特别是对装配式混凝土结构体系的节点连接、构件生产、抗震性能和施工关键技术还需要不断研究和创新,才能不断推动装配式建筑的发展和进步。

关键词: 装配式建筑; 结构节点; 处理技术

Research on Optimization and processing technology of construction structure node of prefabricated building

Haitao Wang

Shanghai Baoye Group Co., LTD., Shanghai 201900

Abstract: With the development of economy and the rapid progress of society, it is urgent and imperative to promote the transformation of the overall work content of the construction industry. Since the 1990s, the basic way of housing construction in China is to use cast-in - situ structure. Many jobs, processes and completions are carried out by workers at the construction site, which is characterized by high labor intensity, complex situation, overlapping processes, construction organization and management difficulty. With the change of society, labor is gradually reduced, and green environmental protection has higher and higher requirements for energy conservation and emission reduction. The construction site with labor intensive and manual labor intensive as the main body has been severely challenged, the construction industry modernization has become the choice and inevitable trend of the society. In recent years, prefabricated buildings have developed from the beginning to the present vigorous development, there are still many problems and difficulties, especially for the prefabricated concrete structural system node connection, component production, seismic performance and construction of key technologies need to continue to study and innovation, in order to continuously promote the development and progress of prefabricated buildings.

Keywords: Prefabricated building; Structural node; Technique of processing

一、预制建筑分析

当前,我国多用于传统的施工方式,对于当前形势来说,这种生产模式不是很科学,工程化效率低,操作过程不细致,建筑的结果产品质量也不是很好,操作结果也不是很稳定,而且时间多、效率低,劳动力要求比较大,损耗的材料也很大,且不环保。所以造成资源和能源的浪费,它并不能满足我国当代政治要求,可持续

发展以及节能减排这些国家建设的必备要求。

为了响应国家政策,做到节能节约和可持续发展,为中国工业尽一份绵薄之力,就要从源头去改变节能的需求,规范行为,改变设计模式理念。改变施工模式,提高建筑质量,让性能和劳动力成正比,才能解决当前市场所面对的问题。传移力路径结构清晰、装配施工效率很高、现浇湿作业量少的结构形式是一种最普遍适合

于预制与装配使用的结构形式。

主要性能可以广泛用于大型生产厂房、仓库、商场、停车场、办公楼、教学楼、医院医疗楼、商务楼等需要开放空间的建筑。近年来,它同时也正逐渐地应用于多层住宅建筑中和城市其它大型民用商业建筑。

预制商品混凝土框架结构按构件连接结构方式大致可再分为两种主要类型:等效现浇结构和不等现浇结构。一维构件制作是先将材料梁、模板柱分别预制加工成各种一维预制构件,通过用一定比例的螺栓方法来进行结构连接。预制时构件端部采用伸出两端的预留孔钢筋进行焊接或再用钢套筒螺栓连接,然后由现场钢筋浇筑焊接在预制混凝土结构上。其技术优点:构件的制作及施工极为方便,结构整体性比较好,可同时等效安装于现浇结构。缺点:接头必须位于构件受力最关键的部位,连接性能要求极高。

其次,刚性连接法是直接基于平面二维构件,采用平面T形结构和平面十字形构件或平面I形构件并通过一定强度的焊接方法直接进行的连接。其方法优点:接头性能要良好,接头宜位于构件应力损失较小敏感的受力部位。缺点:生产、运输、堆放、安装很不方便。此外,刚性构件连接是以三维构件连接为设计基础,通过将三维双T形构件和和二维双十字构件之间通过某种一定形式的连接方式的连接,钢筋通过焊接或钢套筒、简易等机械方式连接。预制双T形构件优于预制双十字构件,可减少施工和现场的钢筋的分布情况和钢筋混凝土的浇筑,且钢筋接头的数量比较少;缺点主要是组件大多为三维组件,重量较大,不很便于规模化生产、运输、存储堆放和安装。这种框架体系很少使用。

二、装配式建筑结构类型分类

依据结构及受力形式划分,装配式建筑混凝土结构的划分形式与现浇结构基本一样,即框架结构、剪力墙结构、框—剪结构等。但是装配式建筑相对现浇混凝土建筑来说,存在复杂的构件连接技术,一样的构件连接技术方法不同,其物理性能和抗震能力也会不同,不同构件或同种类型构件连接也可能不同,构件连接方法具有多样性和不断创新性,其设计和连接施工技术是装配式建筑结构施工技术难点,对装配式建筑的发展和推广有一定约束作用。

现浇框架结构其结构体系整体性好,抗震性能好,在很长一段时期内应用很广泛。装配式混凝土框架体系也是现推行和应用最多的装配式建筑结构体系。在国内

外装配式结构推广和使用以来,通过地震灾害后的研究发现,装配式建筑受震动变形或倒塌后,其梁和柱等构件破坏很小,发生损坏较为严重的是各预制构件之间的连接处,其也是在地震时最早先发生损坏和破坏。这与现浇结构强节点的抗震设计理念是一致的,一是梁柱等构件节点本来就是抗震的薄弱位置,而装配式构件连接是后叠合施工,地震时更容易首先被破坏。因此在发展装配式建筑时,首要任务是解决好构件节点连接的设计、施工问题,这也是装配式建筑结构施工技术研究的重点、难点和热点。

三、工艺原理

预制柱的纵向钢筋均采用半刚性灌浆钢筋套筒进行连接。通过定位模具定位锚筋,控制模孔尺寸应比预制柱筋径大约 $2 \sim 3\text{mm}$,在柱边缘位置弹出控制线,调整好定位模具,焊接或固定好定位模具,确保预制柱的纵筋位置的准确位置;然后再进行一次吊装和校正。达到钢筋凝结的强度等级后,应重新使用高强度混凝土灌浆封堵材料再进行混凝土封堵。

灌浆用材料的实际数量通常应主要通过计算灌浆空腔体积数来确定计算。应尽可能将灌浆实际材料量数值与其理论值之间进行定量比较,确保其实际用量明显大于灌浆理论量,以有利于控制其灌浆施工质量。利用建筑BIM三维技术模拟脚手架吊装过程,分析层板、预制钢筋柱、框架梁等节点钢筋柱的安装位置、数量、规格尺寸等信息数据,分析层板钢筋与预制框架中梁转角节点钢筋柱是否容易发生横向碰撞,通过三维空间模型来计算预制钢筋柱上的纵向钢筋柱和框架梁中的横向主筋。如果转角层板钢筋与框架梁钢筋之间发生钢筋碰撞,可先在转角层板上安装调整筋后进行穿透处理并再绑扎转角钢筋;但对于预制柱梁与梁钢筋发生的钢筋碰撞,采用避免框架梁钢筋水平方向偏转的施工方法来快速解决这种钢筋交叉碰撞的问题。

在现场预制连接楼梯位置的详细图纸设计方案中,应注意结合现场预制楼梯连接的各种实际几何尺寸形状和实际位置,进行现场验证图计算试验和图纸验证,以进一步确保每个预制连接楼梯节点位置数据的数据准确度和安全性。预制楼梯段的预制模板也应尽可能严格并按照安装详图设计制作。各层预制的楼梯段在安装并就位使用后,及时用C40和CGM等灌浆加固材料进行封堵并预留孔洞接口,楼梯缝隙要用聚苯乙烯填充。预制ALC内隔板采用管卡安装固定。为防止墙体开裂,保证安装质量,安装后用镀锌扁钢对孔洞进行加固。上部水

平板用4个M10对拉螺栓加固,防止后期装修和电气导管敷设引起板水平位移。

四、装配式建筑结构节点优化及处理技术

1. 梁柱框架节点连接

框架节点的加工也非常之重要。稳定安全的建筑需要保证“强剪弱弯”、“强柱弱梁”和“强节点弱构件”,具有良好的耗能水平、完整性和抗震性能。“强节点弱构件”强调节点连接的关键意义,使梁端出现塑性铰。这也要求建筑连接部位的承载力大于构件的承载力,以增强建筑结构的变形能力和抗震能力。否则,在一系列的影响下,节点会发生失稳和失效,节点的失稳和失效与框架的整体失效基本相同。从目前的发展来看,预制建筑框架节点的连接方式有很多种。干连接措施主要包括:榫连接、机械套管连接、螺栓连接、支架连接和焊接连接;根据湿连接措施,主要包括:砂浆锚杆连接、灌浆组装、普通现浇连接、预应力整体浇筑连接和后浇整体连接。

2. 墙板连接方式

与在现场预制施工形成的刚性墙体框架相比,预制的混凝土墙板构件具有相对更好一些的抗刚度性能和空间完整性。然而,对于混凝土装配式建筑构件与混凝土墙板的连接关系的进一步研究进展还尚比较薄浅。与传统框架节点式连接设计方式等相比,发展还相对的缓慢,存在了许多技术性问题。讨论研究了结构主体部分与混凝土墙板部分的连接,结构节点与砼墙板之间的连接。主体结构墙与预制外墙常见的传统连接施工方式通常有螺栓机械连接、焊接机械连接方式和预制混凝土机械连接。墙板混凝土与混凝土墙板机械连接工艺的最关键工序是砌体采用钢筋网现浇。预制结构剪力墙可以采用钢套筒混凝土连接、机械螺栓连接、钢筋混凝土和混凝土砂浆互相锚固并在同一剪力墙槽内连接等几种方式来连接。

但外墙板间的连接的方式更应尽量满足工业建筑本身的各种工业需要,更安全、更方便、更快。因此,提出了“轨道式键槽墙板”的概念。这种复合墙板安装的一个关键方法是要在柱墙、梁模板上放置预制的轨道,并可以在该轨道两侧的适当空间位置上铺设一个横向键槽,使复合墙板间连接件更加连接牢固。此外,墙板之间应同时配备一些类似于预制轨道的轨道及支撑连接设备。

3. 层合板与现浇梁的接缝

层板支架结构可全部采用顶升+板条式支撑结构体

系。层压板支架的上下部支撑结构系统可由板条、支架梁和上部独立支撑钢柱部分组成。通过引入BIM等技术,优化了组合板支架与上部现浇梁支架连接处部位的现场钢筋的布置,减少局部碰撞。现场进行钢筋预制绑扎和施工验收时,预留梁架上部的钢筋将暂搁置不作绑扎,待叠层板架吊装主体就位、锚杆调直完成后方可绑扎与固定。层板在吊装设备就位运输前,其它部分钢筋都应已经基本完成绑扎与成形。

4. 焊接连接技术

焊接连接新技术原理是通过将两个预埋件平行焊接固定在两端相邻的预制混凝土构件连接上。该新型技术原理基本地避免掉了在施工制造过程中大量的干湿分离作业,无需特殊维护工具即可直接完成连接。施工操作时间比较短,成本低。然而,焊接接头由于没有留下明显的塑性铰区,因此焊接在施工后续和使用环境中,由于出现重复拉应力,连接处将会容易发生应力脆性而破坏。因此,焊接与连接的技术在改善抗震的性能方面也存在一些很大限度的技术不足。

五、装配式建筑发展取得的成就

1. 具有企业特色的装配式结构体系与构造设计

经过多年的实践、研究和创新,当前形成了具有企业特色的装配式混凝土框架结构体系节点连接方式、装配式混凝土剪力墙结构内外墙的节点安装方法。

2. 集成创新了一套成熟可行的企业生产、安装技术及技术控制体系

为了更好地保证工业化预制构件的产品质量,提高生产效率,增强对生产过程中产品的质量检查节点管理,众多企业经过多年的生产经验总结、自主研发、自我归纳,形成了预制构件生产工艺技术、模具技术、构件成品管理技术生产体系以及预制构件运输、吊装和安装技术体系,质量验收与控制技术控制体系。

3. 不断研发创新的节点连接技术

在节点叠合现浇连接构造的基础上,不断研发创新的框架节点连接方式,如已经在使用和实践研究中钢管梁柱节点连接和预应力桁架式钢骨连接。其中预制预应力桁架式钢骨混凝土框架结构体系是一种新型结构体系,相对实腹式钢骨混凝土来说,预应力桁架式钢骨更节省钢材。桁架腹杆的使用,不但可以解决混凝土与钢骨架之间的黏结滑移问题,还可以使梁内的混凝土得到固定和约束,使得在不设栓钉的情况下梁的混凝土和腹钢骨架很好地共同合作。可以根据桁架式钢骨混凝土梁截面高度进行钢骨架的高度调整,使截面刚度得到合理设计,

从而提高其受弯性能，提高承载和抗震能力。

六、结束语

结合全文，装配式建筑是如何应用并且如何能在当前社会国家的层面响应一些良好的政策以及带来很好的社会效应。首先，它是符合国家标准的，响应国家号召的，在操作上面也节省材料，我们不难发现，在装配式工程应用中受到了众多工程的实践，它在节省材料和劳动动力上体现的淋漓尽致，因为其本身就是一个非常节能减排的一个施工方式，这样从源头上解决了建筑浪费的这个问题。其次，装配式建筑采用的构件是通过工厂流水线工程化制造，所以这样从源头上就减少了人工完成作业时造成的误差，从而就提高了施工的质量。再者，装配式建筑在实操过程中，其作业工程并不困难，而且是通过机械完成所以质量会高一点，这样在施工时候方

便管控，并且完成效果要比之前传统施工要好。最后，装配式建筑总工期比传统施工要短，减少了临时搭建设施和机械的投资。做到这几点才能优化装配式建筑的节点。

参考文献：

- [1]崔庆彪.装配式混凝土结构构件及施工注意事项[J].科技信息, 2019, (08): 433+436.
- [2]白庶, 张艳坤, 韩凤, 张德海, 李微.BIM技术在装配式建筑中的应用价值分析[J].建筑经济, 2019, (11): 106-109.
- [3]王凤起.装配式混凝土建筑结构施工技术要点与研究[J].建筑技术.2018, 49(01): 15-21.
- [4]崔庆彪.装配式混凝土结构构件及施工注意事项[J].科技信息, 2013, (08): 433+436.