

预制混凝土剪力墙结构在住宅工程中的应用

张海燕

云南林业职业技术学院 云南 昆明 650224

【摘要】 为了满足民用建筑工业化和建筑物节能减排的要求，预制剪力墙结构的研究和应用正成为建筑领域的热点。与具有预制剪力墙结构的住宅项目中的预制墙板和预制梁的建造相对应，将 BIM 技术和 DFMA 技术的应用引入预制墙板和预制梁的建造中，为预制剪力墙住宅的建设提供参考。

【关键词】 预制；剪力墙；BIM；DFMA

预制剪力墙结构是实现房屋和建筑物节能减排的有效途径之一。混凝土建筑物的传统操作模式长期以来一直存在工业化程度低，能耗和水耗高的问题。建筑工地工业废物和废水的排放不符合国家关于节能环保和可持续发展政策。如果使用预制结构，则主要部件可以在工厂预制并现场组装。通过实现住宅的产业化，可以有效地提高建筑施工中材料的使用效率和结构性能，节约能源，减少建筑垃圾，消除施工现场的关于环保的问题。预制剪力墙结构可分为部分和完全预制的混凝土剪力墙结构。预制剪力墙结构的一部分主要涉及现场浇筑的内壁和预制的外壁。完全预制的剪力墙结构是指由预制构件组装而成的剪力墙。本文针对这一问题，在设计与技术应用等环节进行了详细的论证。

1 预制剪力墙结构概述

如果建筑业擅长实施用于制造和装配的设计，其被称为 DFMA，那么 DFMA 是与建筑设计相关的必不可少的辅助技术。与传统的计算机辅助设计（CAD）相比，BIM 更适合现代建筑设计，从而减少了施工协调错误和后续施工成本。BIM 的最显著特征是其参数化设计，BIM 中的所有实体均以组件形式表示，其他相关部分会自动考虑建筑设计的任何更改。此功能大大减少了设计人员的工作量，并且这种快速的工作方法非常适合于预制建筑物。

尽管迄今为止 BIM 已为建筑行业做出了巨大贡献，但大多数现有 BIM 工具都是在传统的非预制建筑物的背景下开发的，并且没有考虑到组件是使用新技术在现场组装并在工厂中进行生产的。在某些现有的 BIM 产品中，与预建建筑物设计有关的某些功能不完整。因此，迫切需要改进现有的 BIM 技术以满足预制建筑设计的要求。到目前为止，BIM 软件提供商在开发预制体系结构设计

方面已有一些相关用途。一些专业人士已经意识到，预制建筑物的设计，制造和组装不是绝缘的。如果将 BIM 技术用于解决设计阶段出现的问题，则应将它们结合起来。迫切需要系统地改善预制建筑物的规划与研究。

2 项目概述

某项目是预制剪力墙住宅项目，其地上高度为 23 层（第一层为 3.0m 高，其余层为 2.8m 高），地下层（地板为 3m 高），总高度 68.3m。结构的布局如图 1 所示。现场浇筑了低于 7 层的住宅楼，浇筑了超过 7 层的内墙，楼板和屋顶板，并预制了墙板、护墙、空调板和楼梯。图 1 中主剪力墙的厚度为 200 毫米，该项目基于现场的等效构造以及基于现场结构的总体计算。进行了额外的计算和抗震措施，以确保结构具有良好的完整性，并确保预制组件和连接器的承载能力和变形能够满足要求。

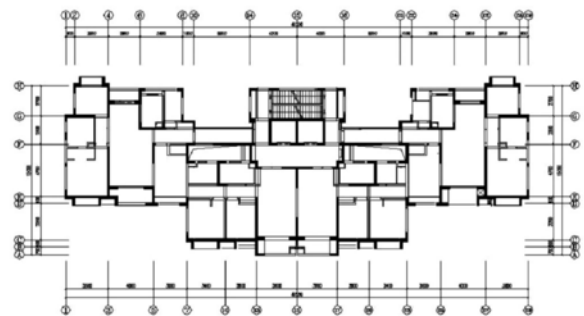


图 1 建筑标准层平面图

3 结构设计

目前，大多数高层住宅都采用现场浇筑剪力墙结构体系，其特点是住宅布置灵活，根据照明和通风需要呈凹凸形状布置，实现了室内空间的适当布置，没有明显的梁柱。受施工作业影响，现场浇筑剪力墙结构具有

劳动强度大,周期长,质量不稳定的特点。该项目使用部分预制的组装式剪力墙结构,该结构是通过将预制的钢筋混凝土墙板和现浇的剪力墙浇筑连接在一起而形成的。预制剪力墙的一部分用作结构的抗侧力系统。水平的现浇带穿过地板上的孔放置,以连接整个上下层的相邻预制墙板。通过预制墙两侧的垂直现浇结构,将每个预制墙板连接成一个整体,并将其整体连接到现浇剪力墙。

4 预制墙板设计

为了反映安全性、适用性和经济效益的原则,可以根据模块化和标准化确定预制混凝土零件的划分和形状。在设计初始阶段,尺寸应尽可能标准化。墙板采用整体组装的混凝土剪力墙结构:墙组件长3m,高1m分为基本模块。该项目使用预制墙板直接开孔。

以预制墙板W6L(3.05×2.65)为例。预制的剪力墙是在7轴和9轴之间具有开口的墙。壁长为3050毫米,壁高为2650毫米。预制壁厚270毫米(钢筋混凝土剪力墙厚度200毫米,墙体保温装饰层厚度70毫米),两侧壁宽110毫米,上壁高355毫米,下壁高510毫米,凿毛处理宽度585毫米(凿毛处理深度4~5毫米)。预制整体式钢筋混凝土剪力墙与现浇混凝土剪力墙的抗弯抗剪承载力计算方法相同。使用pkpm软件计算钢筋,墙的垂直分布肋为8毫米,间距为190毫米,水平钢筋为8毫米,间距为180毫米。钢筋在单个工厂中集成和制造。每个成品件的重量均小于4吨,适合吊装。

5 预制梁设计

预制建筑规划是一个系统的过程。计划,生产和组装的要求是系统必不可少的元素,并且相互影响和相互制约。在创建预制建筑信息模型时,面向DFMA的设计团队不仅要考虑装配,还要考虑制造。设计团队使用REVIT设计预制梁。在创建预制梁之前,DFMA设计团队将参考一些有关如何制造预制组件的信息。在预制梁的制造过程中,DFMA设计团队对其进行了优化,以更好地满足生产需求。完成后,输出为三维(3D)信息模型。可以从不同角度查看BIM模型中的预制梁,并实时标记其尺寸。三维信息模型可以代替生产图纸,并更好地指导工人处理实际的预制梁节点。

6 垂直连接技术

垂直缝技术可以完成垂直装配单元之间的载荷传递,从而形成水平缝,主要包括现场浇筑带缝技术、注浆缝技术、预留孔砂浆锚固搭接技术、间接搭接技术和套筒挤压缝技术、螺旋支架约束砂浆-锚固重叠技术等。

6.1 现浇带连接

现浇带连接用于将现浇带放置在预制装配单元之间,连接预埋钢筋,并在装配单元安装后浇筑混凝土以形成整体张紧结构。蔡留河等对三个水平连接的预制剪力墙进行了拟静力试验。墙由两块预制墙板水平浇筑而成。水平接头使用钢剪力连接器。接头,即顶壁板和底壁板的端部由高角度钢制成,端板焊接到现浇带中。研究表明,水平接缝上方和下方的预制墙板有更多的倾斜裂缝,并且试样显示出弯曲和剪切破坏。使用带有内置钢连接器的现浇带的水平接头样品具有良好的抗震性能和延展性,连接方法可靠有效。该连接方法具有良好的动力传输性能和较高的承载能力,并且具有良好的整体协调性能。但是,在组装过程中很难将浇筑的安全带连接件压铸和压实,在组装过程中很难安装顶部安装单元,并且需要100%的连接。这些问题使得难以充分利用其优势,限制其在接缝中的应用。

6.2 套筒灌注连接器

套筒灌注接头包括将铸铁套筒嵌入壁中,将垂直钢棒伸入其中,将连接的钢棒插入相应套筒的另一端,将注入材料倒入套筒以将钢棒和套筒固定在一起的方法。

陈康等研究了用砂浆注入与垂直钢筋的直螺纹连接的预制剪力墙的抗震性能,并对三个试样进行了拟静力试验。研究表明,使用直螺纹砂浆连接预制的剪力墙可以有效地传递应力。这种连接方法在构造上安全环保,但是要求很高的设计精度和质量。

6.3 预留孔洞浆锚搭接

预留的孔浆锚固重叠部分用于在底壁的顶部保留垂直的嵌件,在顶壁中保留相应的孔,并在嵌件和预留的孔周围放置螺旋箍筋以加强对重叠区域的限制。安装顶壁后,通过连接到该孔的灌装孔将灌装材料注入该孔中,从而将顶壁和底壁形成一个整体。姜洪斌等使用81个锚固钢筋样本和108个锚固钢筋样本检查了其承载能力和影响因素。结果表明,预留孔洞浆锚搭接法适用于施工,连接可靠,价格低廉,但其性能与锚固砂浆与混凝土构件预留孔壁的粘结强度有重要关系。因此,薄壁孔边缘处的保护性混凝土层的厚度非常小,并且在运输过程中容易损坏,这会影响结构的性能。

6.4 套筒挤压连接

李宁波等检查了用垂直钢套连接的预制钢筋混凝土剪力墙样品的抗震性能,并分析了轴向压缩比和横截面形状对样品抗震性能的影响。试验结果表明,剪力墙主要受压缩和挠曲破坏的影响,边缘单元的纵向钢筋在拉力作用下屈服,混凝土在楼板的两侧塌陷。套筒挤压连接可以有效地传递钢筋的拉伸和压缩载荷。垂直钢套连接的预制钢筋混凝土剪力墙的抗震性能可以满足现行规

范的要求。这种连接方法提供了更快的连接速度和更好的质量控制,从而可以提高设计效率和质量。但是,这种连接方法要求在现场施工期间将钢筋连接好之后再浇筑混凝土,这增加了现场湿作业的工作量。

7 水平连接技术

水平连接技术可以实现装配单元与竖直接缝的水平连接,该竖直接缝以侧面延伸的钢筋,粗糙表面或接口处的键槽为代表。键槽连接是指在预制组件的接合处打开锯齿形键槽。横截面形状可以是三角形,矩形或梯形。预制组件通过键槽中的浇筑混凝土和预埋的钢杆连接。杨勇通过了3个带有竖向缝的预制剪力墙样本和3个现浇混凝土剪力墙样本的拟静力试验,以检验带竖向缝的预制剪力墙的力学性能,垂直缝通过键槽连接。试验结果表明,与现浇剪力墙样品相比,竖缝式预制剪力墙样品承载力低,但延展性更好,对一系列接缝样品进行了试验分析,具有良好的抗震性能。影响连接影响的主要因素是键槽的尺寸和数量、抗剪钢筋的位置和轴向压力。

8 结束语

该项目使用易于安装的预制墙板和预制梁。施工速度比现场浇筑剪力墙结构快20%。符合环保节能要求,深受业主好评。该实践表明,可以将传统的设计方法与BIM技术和DFMA技术相结合,应用于预制剪力墙结构。在此阶段,BIM技术和DFMA技术有助于在中国住宅工业化的实施,从而促进了住宅工业化进程。

【参考文献】

- [1] 陈建伟,苏幼坡. 预制装配式剪力墙结构及其连接技术[J]. 世界地震工程,2013,29(1):38-48.
- [2] 常春光,王嘉源,李洪雪. 装配式建筑施工质量因素识别与控制[J]. 沈阳建筑大学学报:社会科学版,2016(1):58-63.
- [3] 詹友刚,王峰. DFMA 面向制造与装配的设计——并行工程的核心技术[J]. 智能制造,2001(6):70-73.
- [4] 于龙飞,张家春. 装配式建筑发展研究[J]. 低温建筑技术,2015(9):40-42.
- [5] 陈建伟,苏幼坡. 预制装配式剪力墙结构及其连接技术[J]. 世界地震工程,2013,29(1):38-48.
- [6] 徐苗. 装配式木建筑应用策略研究[D]. 济南:山东建筑大学,2017.