

装配式结构设计与施工工艺优化的思考

卢元哲¹ 莫立成² 谢渊明³

1. 杭州市城市建设投资集团有限公司; 2. 浙江大学建筑设计研究院有限公司;

3. 杭州市市政公用建设开发有限公司

摘要: 以某装配式混凝土结构项目的预制构件安装问题为背景, 介绍高层建筑装配式设计与安装时如何解决钢筋碰撞问题, 提出相应的解决思路, 为今后装配式混凝土结构节点设计与施工提供参考。

关键词: 装配式混凝土; 结构设计; 施工; 优化

一、工程概况

杭州某新建酒店和写字楼连体建筑, 由南北两座钢筋混凝土框架一核心筒结构塔楼、框架结构裙房和两层地下室组成, 塔楼建筑高度99.9米, 裙房建筑高度18.2米, 塔楼与裙房间用抗震缝脱开。

项目装配式建设目标要求: 本项目根据浙江省2016年1月颁布的《工业化建筑评价导则》文件要求, 装配式混凝土结构项目的预制率不低于20%。预制率是指建筑标高±0.000以上(不含±0.000)主体结构和围护结构中, 预制构件及相关部分的混凝土用量占混凝土总用量的体积比。本项目大底盘裙房采用现浇形式, 预制构件均分布在上部塔楼水平构件部分。

二、本项目装配式设计的特点

塔楼地上建筑采用装配整体式框筒结构体系, 竖向承重构件剪力墙、框架柱采用现浇混凝土形式, 部分梁、楼板采用叠合构件形式。主要的PC构件有: 叠合梁、叠合楼板、预制楼梯等。PC构件在工厂预制而成。

叠合梁板与现浇竖向构件结构体系特点: 该结构体系中竖向承重构件框架柱、剪力墙均为现浇方式, 相关结构计算和构造均按照现行国家规范的有关规定执行。叠合楼盖为叠合式受弯构件, 并在施工阶段设有可靠支撑, 对于这两类构件的结构计算均按普通受弯构件计算; 同时叠合构件斜截面受剪承载

力和叠合面受剪承载力还应按现行相关规定复核。叠合楼盖中梁预制部分、现浇部分根据实际情况划分, 考虑设计、生产、运输、施工情况, 且应符合国家现行的有关规定; 预制、现浇混凝土结合面应做成凹凸差不小于6mm的粗糙面或设置剪力键槽。

现有规范或相关规范关于应用叠合梁及叠合楼盖的结构体系的阐述如下: 在《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3-2010)中, 第8.1.8条 注3: 现浇层厚度大于60mm的叠合楼板可作为现浇板考虑。在《混凝土结构设计规范》GB 50010第9.5.1条: 施工阶段设有可靠支撑的叠合式受弯构件, 可按普通受弯构件计算, 这说明预制叠合梁可以视为等效现浇梁。在《装配式混凝土结构技术规程》JGJ1中, 第6.1.1条: 当结构中竖向构件全部为现浇且楼盖采用叠合梁板时, 房屋的最大适用高度可按现行行业标准《高层建筑混凝土结构设计规程》JGJ3中的规定采用; 第6.3.4条: 在结构内力与位移计算时, 对现浇楼盖和叠合楼盖, 均可假设楼盖在其自身平面内为无限刚性。

三、本项目装配式施工的难点

塔楼建筑高度近百米, 预制构件吊装安装存在较大困难, 其中连接节点处的安装是装配式混凝土结构施工的关键。本项目装配式安装在施工中存在两类问题, 一是预制板四周出筋与梁箍筋的碰撞问题; 二是梁、柱(墙)节点处, 伸入支座的钢筋数量太多、钢筋间距过密, 现场混凝土浇筑质量很难控制。

(一) 预制板出筋与梁箍筋的配置问题

现场施工顺序是先吊装预制梁(带箍筋)或者绑扎现浇梁箍筋, 后吊装叠合板, 叠合板的支座出筋会与梁箍筋碰撞, 锚入梁内施工困难, 如图3.1所示。



效果图



现场施工实景



图3.1



图3.2



图4.1

(二) 叠合梁底纵筋在T型柱支座处的碰撞。

由于存在三根叠合梁交汇于同一柱节点的情况，叠合梁梁底纵筋直径大、且有多排受力钢筋，如何考虑T型节点钢筋避让，以及三根梁的吊装顺序，是本项目装配式施工的难点，如图3.2所示。

四、针对装配式施工难点的设计优化

(一) 预留节点钢筋避让空间。装配式构件布置时T型叠合梁交叉节点，采用增加梁宽、梁底纵筋上弯、设后浇段等进行钢筋避让，如图4.1所示。

(二) 减少梁底部钢筋伸入支座的数量。框架叠合梁底纵筋在满足各工况弯矩包络图及《建筑抗震设计规范》GB50011第6.3.3条第2项规定的前提下，将部分底筋在预制梁内弯起，16G101-1图集中有这一构造做法。该优化方式最大限度地减少了伸入支座的梁底纵筋，能较好解决梁筋在柱、墙支座处的碰撞问题。

当梁底纵筋采用弯起方式时，构造要求需要满足《混凝土结构设计规范》GB50010第9.2.7~9.2.8条规定；当梁底纵筋采用截断方式时，构造要求参考《混凝土结构设计规范》第9.2.3条第3款规定。由于进入支座的梁纵筋比原设计减少，需要复核叠合梁端竖向接缝的受剪承载力。

(三) 叠合板支座优化。《装配式混凝土建筑技术标准》GB51231的规定，当桁架钢筋混凝土叠合板的后浇混凝土厚度不小于100mm且不小于预制板厚度的1.5倍时，支承端预制板内纵向受力钢筋可采用间接搭接方式锚入支承梁或墙的后浇混凝土中。《装配式混凝土连接节点构造》标准设计图集15G310-1中给出了在梁、墙支座位置预制板板底无外伸钢筋情况下的连接构造。

清华大学赵作周等对板端支座不出筋的叠合楼体系进行了深入全面的试验研究，试验中采用的叠合板底板厚60mm，后浇层厚度为60至70mm。试验结果显示：附加钢筋伸入支座的

锚固长度达到15d时，钢筋屈服不会发生粘结滑移破坏；附加钢筋伸入板现浇层的搭接长度取为1.2la时，可保证钢筋应力达到抗拉强度时有可靠的锚固和搭接传力。在支座负弯矩作用下，附加钢筋能参与支座截面抗弯并达到屈服，从而提高支座抗弯承载力。试验各种跨度的板端支座均为受弯破坏，未发生支座根部截面剪切破坏。

根据规范要求以及已有的相关研究成果，叠合板可采用支座不出筋、在现浇层底部设置附加钢筋的优化方式，附加钢筋与预制层底筋等直径等间距布置。该优化方式，需对支座进行面外（竖向）抗剪分析和面内（水平）抗剪分析，以保证两方向抗剪承载力均能满足承载要求。

五、结语

高层建筑装配式构件吊装难度大，现场安装要克服钢筋碰撞问题，节点钢筋众多导致浇筑质量不容易控制。装配式节点设计应充分考虑现场实际情况，并结合现行规范要求，灵活构思节点安装细节。本项目通过对预留钢筋避让空间、减少梁底部钢筋伸入支座的数量、叠合板支座优化三方面的设计优化，给现场预制构件顺利安装创造了条件。优化前每标准层叠合板安装需要三周，优化后施工时间缩短一半，且节点浇筑质量明显提高。可为装配式建筑设计、施工、管理等方面提供借鉴，以推动建筑结构行业又好又快发展。

参考文献

[1] 尚红江. 装配式结构工程的重难点及应对措施[J]. 住宅与房地产. 2020 (03)
 [2] 李世磊. 装配式结构设计应用与优化策略探讨[J]. 城市建设理论研究(电子版). 2019 (36)
 [3] 翟玉红. 装配式结构施工房建项目成本管控探析[J]. 中小企业管理与科技(上旬刊). 2020 (03)
 [4] 朱亮, 刘辉. 浅谈装配式结构在建筑施工中的应用[J]. 中外企业家. 2018 (34)