

基于BIM技术的钢框架+PC构件复合装配式节点施工技术研究

黄喜华 孔祥刚

[摘要] 广西建设职业技术学院新校区二期教学楼和学生宿舍项目采用钢结构和PC预制构件相结合的建造方式，是广西第一批也是南宁市第一个采用装配式建筑体系的公共建筑示范项目。结合项目实际情况，运用BIM技术，重点从钢结构主体与PC预制构件的连接节点深化设计、预制构件施工安装等方面，对预制混凝土构件安装进行全过程施工模拟达到施工可视化目的，分析钢框架+PC构件复合装配式高层公共建筑在设计及施工安装过程中的创新做法和工艺。

[关键词] 高层建筑；BIM；钢结构；装配式；节点

以广西第一批采用装配式建筑体系的公共建筑示范项目为工程背景，从钢结构主体与PC预制构件的连接节点深化设计和施工层面运用BIM技术分析了钢框架+PC构件复合装配式高层公共建筑的关键施工技术。

1 工程概况

广西建设职业技术学院新校区二期教学楼和学生宿舍项目采用钢框架+PC预制构件混合建造的方式进行设计和施工，采用EPC工程总承包模式建设。项目总建筑面积48536.87m²，地下1层，地上建筑呈“U”形布置。场地西侧布置为教学楼，共12层；场地东侧布置为学生宿舍，共17层，两栋建筑通过连廊相通，项目建筑平面位置如图1所示。



图1 项目建筑效果图

工程抗震设防类别为甲类，抗震设防烈度为7度，耐火等级一级。

本工程采用预制钢框架结构，所有承重结构柱采用预制钢柱，承重结构梁采用预制工字钢梁，楼板采用预制钢筋桁架楼承板^[1]，楼梯采用预制钢筋混凝土板式楼梯，外墙采用预制混凝土外挂墙板。其中外挂墙板采用墙体与装饰一体化、墙体与保温一体化（隔热一体化）技术，内墙采用预制轻质内隔墙^[2]，卫生间采用预制混凝土防水楼板，局部采用预制集成整体卫浴，阳台、空调挑板采用预制混凝土挑板。现场装配率达到75.5%以上，钢结构与PC预制构件之间的节点施工技术控制是关系整个工程施工质量的关键^[3-4]。本工程运用BIM技术重点从钢结构主体与PC预制构件的连接节点深化设计、预制构件施工安装等方面，对预制混凝土构件安装进行全过程施工模拟达到施工可视化目的，分析了钢框架+PC构件复合装配式高层公共建筑在设计及施工安装过程中的创新做法和工艺。

2 预制外墙构件

本工程的教学楼外立面山墙采用装配式混凝土预制外墙挂板，预制外墙挂板作为围护结构，不作为结构受力构件。深化设计时，根据平面尺寸和特点将墙体构件拆分成标准尺寸构件，构件配筋按设计要求进行，最大墙板规格尺寸为2.66m×4.115m×0.18m，重量约4.5t。

2.1 安装施工工艺

预制外墙PC构件安装施工工艺流程是：抄平放线→墙下标高找平控制块（调整调高垫块、粘贴发泡聚乙烯棒、预埋连接件位置复核校正）→安装外墙→外墙构件

[基金项目] “BIM技术在广西装配式示范项目的应用与研究”（编号：桂科AB18281010）研究成果。

[作者简介] 黄喜华，广西建设职业技术学院，教师，高级工程师。
孔祥刚，广西建设职业技术学院土木工程系，党委书记，教授，博士。

临时固定→安装斜撑→校核墙体轴线及垂直度→预埋连接件螺栓安装固定→墙底水平拼缝处理→墙体竖向拼缝处理。

本工程预制墙体吊装时，采用吊装梁辅助施工，如图2所示，吊装梁材质为Q235B，吊装梁上的吊孔为直径40mm的圆孔。被吊构件的重量最大按G=5.0t计算，吊装梁上钢丝2根，钢丝绳与水平方向夹角最小为45°，规格选用6×19，直径为28.0mm，卡环采用的最小型号为3.5号。吊装梁下钢丝4根，钢丝绳与水平方向夹角最小为60°，规格选用6×19，直径为20mm，卡环采用的最小型号为1.2号。

墙下缝分为两种：第一种是墙体位置钢梁处，采用砂浆等填充材料填充封堵，封堵前，先用空压机将底部缝隙处的建筑渣土清理干净，并用水清洗后，再用砂浆（勾缝剂）将墙下缝隙封堵密实；第二种是墙体采用预埋连接件与钢梁连接固定，墙体构架位于钢梁立面外，墙体安装完成后，墙体与钢梁、楼板交接处缝隙采用防火隔热材料封堵，如图3、图4所示。



图2 PC外挂墙板起吊



图3 PC外挂墙板上部连接节点

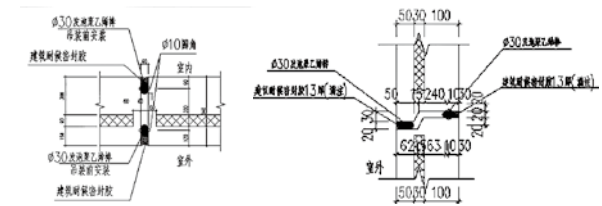


图4 PC外挂墙板下部连接节点

2.2 板缝防水施工工艺

板缝防水采用“构造防水+防水材料复合”的方式进行防水处理^[5]，外墙挂板预制构件拆分深化时，采用碘口形式，延长水的渗流路径，降低明水渗入的可能性。墙板内部设置竖向导水通道，即使有水渗入，也可定向引导，排出室外。预制墙体安装时，侧面预先粘贴

发泡聚乙烯棒，墙体安装就位后，外部采用密封胶封口。应选用与混凝土结构黏结良好的硅酮结构胶，详细的横、竖向拼缝做法，如图5所示。



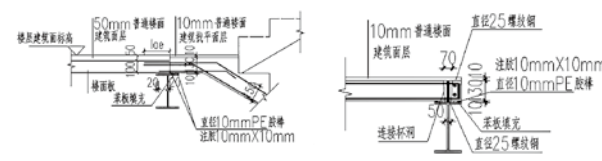
（a）横向拼缝 （b）竖向拼缝

图5 外挂板横向、竖向拼缝构造图

3 预制楼梯构件

3.1 连接构造

本工程所有楼梯均为预制楼梯，结构形式为板式楼梯，其中楼梯平台与踏步段一起预制，现场安装与主体结构采用现浇段连接，相关节点构造如图6所示。



（a）上平台段 （b）下平台段

图6 预制楼梯构件节点构造图

施工前，利用BIM技术对原预制混凝土楼梯进行深化，深化的内容包括钢筋的排布、穿线套管的排布、预制混凝土楼梯的大小尺寸、预埋件吊点及预留洞布置图和细部构造详图等。由设计单位及构件厂出具深化设计图纸，并经设计单位、业主单位、监理单位、总包单位及构件厂共同联签确认，方可使用该版图纸进行施工，如图7—图10所示。

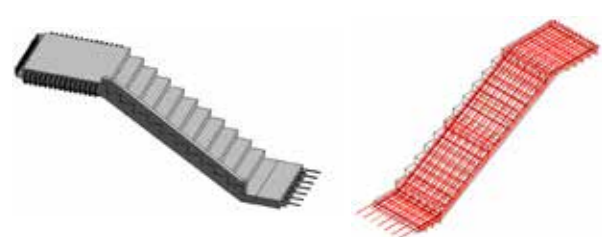


图7 BIM技术下的预制混凝土楼梯



图8 利用BIM技术优化预制混凝土楼梯钢筋

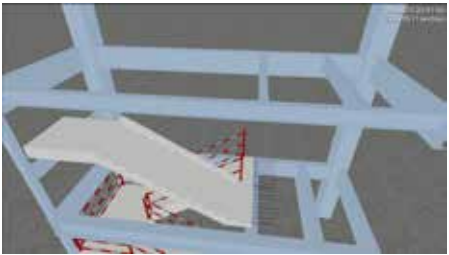


图9 利用BIM技术模拟预制混凝土楼梯吊装



图10 预制混凝土楼梯位置调整

3.2 安装施工工艺

预制楼梯构件安装施工工艺流程是：测量、放线→灰饼制作→坐浆→吊具安装→起吊、调平→吊运→埋件对位→就位调整→连接处钢筋绑扎→楼板及现浇段混凝土浇筑。

预制楼梯构件吊装时，采用吊装梁辅助施工，钢丝绳和卡环的选用规格与预制外墙板的吊装要求一致。

在吊装施工时，应根据楼梯控制线，在水平两个方向控制线的交点上架设墨线仪，并对准地面上放置的控制线延长线最远点，在实施吊装二次调整时，开启V向光线，通过墨线仪竖向光线在悬空状态下测量、调整楼梯位置，将楼梯平稳吊至楼梯间结构钢梁上并使预制楼梯构件与结构钢梁通过做浆压挤密实。

预制楼梯安装固定后，将预制楼梯预埋角钢与钢梁焊接，并对现浇段钢筋进行绑扎、接槎面清理，然后浇筑楼板及现浇段混凝土，楼梯中间平台处预留栓钉孔采用高强灌浆料灌实，两个梯段间的楼梯平台接缝应采用比梯段混凝土强度高一等级的膨胀混凝土进行灌浆捣实并进行14d的浇水养护。

4 预制卫生间沉箱

4.1 连接构造

依据《装配式混凝土建筑技术标准》（G/T 51231—2016），及《装配式混凝土结构技术规程》（JGJ 1—2014）对装配式构件拆分设计的要求，按照预制构件等

同于现浇结构的大原则进行等同于现浇结构的整体拆分设计成全预制式卫生间体系，并将每个卫生间沉箱进行拆分，形成15种规格尺寸类型的构件，构件重量平均为1.75t。预制卫生间与阳台板、楼板及钢结构连接均采用混凝土现浇段连接，连接设计节点，如图11所示。

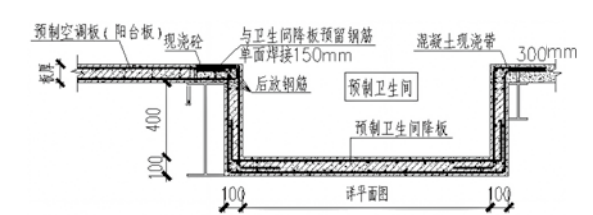


图11 预制卫生间连接构造图

4.2 安装施工工艺

预制卫生间构件安装施工工艺流程是：放线、安装支撑系统→调节龙骨标高→放预制卫生间定位线→预制构件吊装→就位、调整→现浇段模板支设及钢筋绑扎→检查验收→楼板及现浇段混凝土，如图12—图15所示。

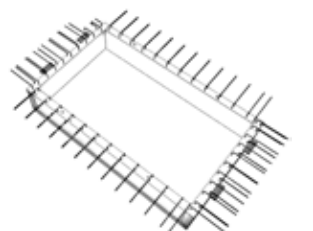


图12 BIM技术下的
预制混凝土卫生间降板

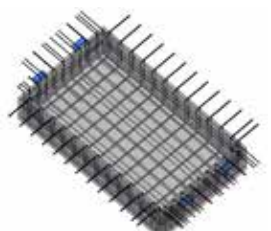


图13 利用BIM技术优
化预制混凝土降板钢筋

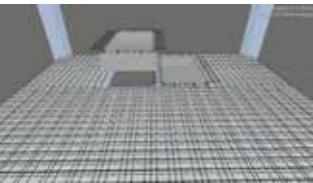


图14 BIM技术模拟
预制混凝土卫生间降板吊装



图15 装配式
预制卫生间降板吊装

（1）安装时，水平预制构件底标高应与水平龙骨顶标高持平，且立面应与结构钢梁、楼承板无缝搭接，保证现浇段均在钢梁上，保证楼板及现浇段混凝土浇筑时不会漏浆或其他质量问题。

（2）抄平、放线，在剪力墙面上弹出+1m水平线、梁侧面弹出降板的安放位置线，并做出明显标志，以控制水平预制构件安装标高和平面位置，避免二次起吊调

整位置。

（3）对支撑架体顶面标高进行认真检查，必要时进行修整，超高部分架体必须采取措施降低，预制构件留下的搭接钢筋不正不直时，要进行修整，以免影响预制板就位。

（4）沉箱安装尽量先于楼承板面筋安装，防止沉箱钢筋与楼承板面筋无法顺畅搭接，并保证足够的钢筋保护层厚度。

4.3 防水施工工艺

（1）在预制构件与现浇混凝土连接处，对预制构件的连接面做好凿毛处理，并在混凝土浇筑前将表面浮尘清理干净。

（2）卫生间防水施工时，考虑此部位的薄弱性，采用厚1.5mmCPS-CL卷材防水，并在防水施工前，在接缝处铺设宽200mm、厚1.5mmCPS-CL防水卷材加强层，然后再按设计和规范要求对卫生间防水进行大面积施工，如图16所示。

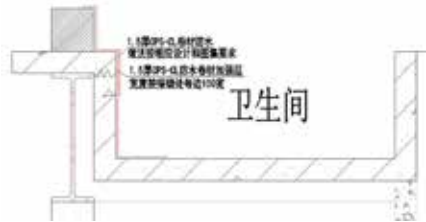


图16 预制卫生间防水构造

5 预制阳台

5.1 连接构造

本工程所有阳台挑板，均采用装配式混凝土预制构件，分学生宿舍和教学楼两栋单体分别进行拆分编号，其中预制阳台与楼板的连接设计，如图17所示。

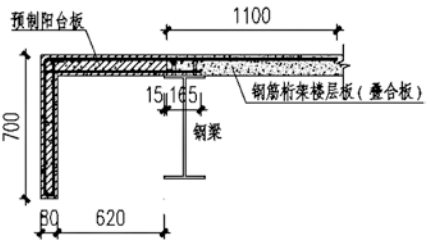


图17 预制阳台板连接构造

5.2 安装施工工艺

预制阳台构件安装施工工艺流程是：放线、安装支撑系统→调节龙骨标高→放预制阳台板定位线→预制构

件吊装→就位、调整→现浇段模板支设及钢筋绑扎→检查验收→楼板及现浇段混凝土浇筑。

本工程进行预制阳台构件吊装时，也采用吊装梁辅助施工，被吊构件的重量最大按G=2.0t计算，吊装梁上钢丝采用2支钢丝绳吊装，规格选用6×19，直径为28.0mm，卡环采用的最小型号为1.7号。吊装梁下钢丝采用4支钢丝绳吊装，规格选用6×19，直径为12.5mm，卡环的最小型号为0.6号。

预制阳台构件起吊时先试吊，先吊起距地50cm时停止，检查吊具，确保预制构件保持水平，然后吊至作业层上空，就位后，水平预制构件要上垂直向下安装，在作业层上空200mm处略做停顿，施工人员手扶构件调整方向，将板的边线与墙上的安放位置线对准，避免预制阳台构件上的预留钢筋与钢梁、桁架楼承板打架，放下时停稳、慢放，以避免冲击力过大造成板面震折裂缝^[6]。

6 结语

（1）本工程通过运用BIM技术对钢结构+PC构件的复合装配式建筑体系的深化设计、优化，缩短了工期，整个建筑含装修在一年内全部完成，机械租赁费、外架租赁费、管理费用大大降低。

（2）现场工业化吊装作业，场地内建筑材料、周转材料大幅减少，楼面结构板采用钢筋桁架楼承板，楼板无须支底模，施工现场的建筑垃圾减少，利于环保。

（3）将施工现场从施工安装场地变为总装场地，塔吊使用频率大为增加，高峰期全天24h连续使用，受天气影响小。

（4）外挂墙板集成保温、装饰面基层、预埋线管和线盒，取消了室内、外墙抹灰工序，免外架施工，平整度良好，无渗漏水现象。

[参考文献]

[1]杨秋鸣.钢筋桁架楼承板在装配式钢结构住宅中的应用研究[J].建材技术与应用,2017(6):13-16.
[2]张劲帆,余佳亮,陈韬,等.钢结构住宅轻钢龙骨复合墙板体系施工技术[J].施工技术,2017,46(18):4-7.
[3]陈耀钢.高层钢结构住宅装配节点施工技术[J].施工技术,2018,47(15):70-72+125.
[4]熊梦林,湛楠,肖博文,等.钢筋混凝土结构与新增钢结构节点优化设计[J].施工技术,2018,47(11):51-53.
[5]曹启光,张永辉.某装配式钢结构住宅项目施工技术[J].施工技术,2017,46(18):8-10.
[6]崔龙丹,常卫华,孙彤彤,等.装配整体式剪力墙结构施工技术研究[J].施工技术,2017,46(18):119-120.