

# Process Design Research and BIM Application of PC Fully Assembly Office Building

Yi Zhang

Shanghai Fengxin Real Estate Co., Ltd., Shanghai, 200000, China

## Abstract

The paper is based on the design deepening results of an engineering building, running BIM and finite element for the process design part of the research and analysis.

## Keywords

PC full assembly; office building; process design; BIM

# PC 全装配办公楼工艺设计研究及 BIM 应用

张益

上海丰鑫置业有限公司, 中国·上海 200000

## 摘要

论文以某工程楼的设计深化成果为基础, 运行 BIM 和有限元, 进行工艺设计部分研究分析。

## 关键词

PC 全装配; 办公楼; 工艺设计; BIM

## 1 概述

### 1.1 软件选择

核心建模软件采用欧特克 Revit, 图纸处理采用 AutoCAD。安装工艺的模拟和碰撞检查采用 Navisworks Manage, 有限元计算软件采用迈达斯 Midas Civil。

### 1.2 技术资料

JGJ1-2014《装配式混凝土结构技术规程》、DB37/T5020-2014《装配整体式混凝土结构工程预制构件制作与验

收规程》和 DB37/T5019《装配整体式混凝土结构工程施工与质量验收规程》, 关于装配式建筑的有关规定及其他相关资料<sup>[1]</sup>。

### 1.3 构件类型

本栋办公楼有内外剪力墙板、单双向叠合楼板、叠合梁、外墙转角板、楼梯、填充墙板等, 共有 663 块 PC 构件(见图 1)。

### 1.4 生产设备

两条 PC 环形平模流水线(简称流水线)、10 张

序号	类别	尺寸/mm	质量/t	数量/块
1	单向叠合楼板	3720 × (1200~1500) × 60	0.66~0.81	305
2	双向叠合楼板	3720 × (2120~2160) × 60	1.18~1.2	35
3	剪力墙(外)	2740 × 900~3300 × 200、 2440 × 900 × 200	1.60~4.96	32
4	剪力墙(内)	(2440)~2740 × 900 × 200	1.10~1.23	62
5	填充墙(外)	2740 × (3300~5000) × 200、 2440 × 3300 × 200	1.59~3.67	90
6	填充墙(内)	2740 × (3300~3810) × 200	1.38~2.09	107
7	叠合梁	3300 × 200 × 270	0.42	8
8	楼梯		2.82	8
9	外墙转角板		0.24	16

(注: 最重构件 4.96t, 总块数 663 件。)

图 1 PC 构件汇总表

4m×9m 固定模台、一座 2×120 强制式拌合站、四台桁吊、一台 PC 构件运输车、两台龙门吊、装载机、叉车、蒸汽锅炉等机械设备。

## 2 工艺设计及 BIM 的应用

### 2.1 工艺设计详述

装配式建筑需要针对 PC 构件和约束构件，设计一系列与 PC 构件生产、运输、安装、连接有关的新工艺。并要有针对性的模具设计、预埋件安装、运输和吊装新器具、连接技术等，才能满足装配式建筑的全方位要求<sup>[2]</sup>。

#### 2.1.1 预制生产工艺

因施工现场与 PC 车间较近，不存在游牧式现场预制的必要。

##### (1) 板式构件

采用二条流水生产线进行预制生产，其中一条流水线预制生产外墙板和内墙板，另一条流水线预制生产单向和双向叠合楼板。

进行具体生产工艺设计时，本着适用、经济的原则，根据模台和 PC 构件尺寸，采用一块模台之上的双块、多块式模具生产工艺。

其中在预制生产三明治复合外墙板（简称三明治板）时，采用北方通行的反打法进行预制生产，即先安装 50mm 厚的外墙板模板，浇筑墙板混凝土。再安装 80mm 厚聚苯保温板，再按照拉结件布置图逐个插入拉结件，最后安装内墙板模板，浇筑 200mm 厚的内墙板混凝土。

##### (2) 异型构件

采用固定模位法中的竖向法，进行楼梯预制生产。

#### 2.1.2 塔吊选取

根据最重 PC 构件力矩（ $4.96 \times L$ ）与最远安装距离力矩的比较（ $T_{max} \times L_{max}$ ）情况，选取最大的值，确定塔吊型号。

#### 2.1.3 运输与安装工艺

##### (1) 运输

选择用构件运输车进行墙板竖向（往内侧倾斜）、叠合板水平叠放运输。

##### (2) 安装

分为构件安装支撑、外墙板外挂架、构件连接等内容。

安装支撑工艺设计主要有内外墙板斜支撑、叠合板单柱支撑二部分内容。经比选，墙板采用单层两根斜支撑工艺，

叠合板采用两排独立支撑工艺。

斜支撑工艺：采用 Revit 模拟安装内外墙板、节点处墙板，根据斜撑上部（墙板预埋点）和下部现浇叠合层预埋点的位置，初步确定斜支撑杆倾斜角度。

单柱支撑工艺：模拟叠合板安装前独立支撑和工字梁布设，初步确定独立支撑与墙板支座间距和单柱支撑个数。

在 Navisworks Manage 中将单柱支撑与斜撑进行组合碰撞，逐根修正后确定二者各自位置坐标，消除碰撞与错误。最后生成斜撑位置预埋图（同时修正 PC 构件生产加工图中预埋件位置）、独立支撑布设位置图。

#### 2.1.4 工艺设计汇总

此栋全装配式办公楼采用预制生产和运输工艺如图 2 所示，连接工艺如图 3 所示。

序号	阶段	工艺设计分类	本案例工艺选择与设计
1	预制生产	叠合板、内外墙板	PC 环形平模流水线，平打法
2		三明治板	PC 环形平模流水线，反打法
3		楼梯	固定模位法中的竖打法
4	运输安装	叠合板	水平叠放运输，框架梁水平起吊（四根等长绳索）安装法，单柱支撑+工字梁
5		内外墙板	内倾式竖向运输，扁担梁水平起吊安装法
6		楼梯	水平叠放运输，框架梁水平起吊（上端二根短索，下端二根长索）安装法

图 2 预制生产与运输工艺设计汇总

序号	阶段	工艺设计分类	本案例工艺选择与设计
1	预制生产	剪力墙竖向连接	上锚式灌浆套筒连接法
2		三明治板内外叶板连接	玻璃纤维拉结件 Thermomass 连接器法
3		构件连接面处理	化学缓凝水冲法
4	安装施工	预埋钢筋位置复核	T、L、一字型定型钢板工装复核法
5		剪力墙板竖向连接	水平分仓封缝，多点位灌浆法 <sup>[6]</sup>
6		非剪力墙板竖向连接	坐浆法
7		楼梯连接	浆铺连接法
8		约束构件	T、L、一字型定型模具现浇法

图 3 连接工艺设计汇总

## 2.2 工艺设计中相关计算

以墙板斜支撑、外挂架为例，进行工艺设计的计算说明。

### 2.2.1 墙板斜支撑设计

墙宽度为 5400mm, 高度 H=2880mm, 墙厚 300mm, BH=1960mm, 计算底部距离为 1470mm, 斜撑长度为 2450mm。拟初选  $\Phi 102 \times 4$  钢管作斜撑杆。

采用 Midas Civil 建模计算: 斜撑最大内应力为 4.07MPa, 支座水平剪切力为 4.1kN。斜撑杆选择  $\Phi 102 \times 4$  钢管可行, 安全系数充足。

### 2.2.2 墙板外挂架设计

(1) 外墙面轻型辅助挂架, 其承重三角架为 10 槽钢, 栏杆扶手为  $\Phi 48$  钢管, 插入  $\Phi 60$  底座钢管内, 平台框架为 L5 角铁焊制, 框内焊接补强  $\Phi 18$  钢筋, 三脚架顶面铺厚 4cm 木板。挂架通过 M16 螺栓固定在外墙板上。

(2) 采用 Midas Civil 进行建模计算, 三角架水平横杆最大内应力 38.91MPa, 外侧斜撑最大内应力 7.78MPa。挂点处最大剪切力 5.78kN, 最大拉拔力 2.79kN。

(3) 主要焊缝检算, 见式 (1)。

$$L=T/(0.7 \times hf \times f) \quad (1)$$

式中: T 为剪切力 5.78kN; hf 为焊角高度 4mm; f 为焊缝金属许用剪切应力 160MPa。

$L=5.78/(0.7 \times 4 \times 160)=12.9\text{mm}$ , 即当焊缝有效长度达 13mm 以上, 可满足要求。

(4) 螺栓抗剪计算, 见式 (2)。

$$\sigma=T/A \quad (2)$$

式中: T 为剪切力 5.78kN; A 为 M16 螺栓净截面积 156.67mm<sup>2</sup>。

$\sigma=(5.78 \times 10^3)/156.67=36.89\text{MPa} < [\sigma]=115\text{MPa}$ , 满足要求。

(5) 选用 6850-16-70 型预埋件, 查表进行安全系数计算, 安全系数为 2.6, 满足要求。

根据上述计算结果, 挂架平台设计方案可行。

## 2.3 BIM 的应用

### 2.3.1 BIM 建模能有效提高 PC 构件的深化设计

在 PC 构件深化设计过程中, 需将各管线、窗副框、预埋件等精准预埋在构件中, PC 构件安装不宜在构件上调整, 应用 Revit 进行建模, 确保预埋件精准合理的布置, 提高深化设计与结构设计的精确性。构件深化图结合结构图进行 BIM

建模还能包含建设备材料成本等信息, 这些信息可以进行数据分析<sup>[3]</sup>。

### 2.3.2 指导构件生产

BIM 技术直观表达各项参数及空间关系, 能自动生成 PC 构件模具规格等参数, 通过可视化的直观表达帮助构件加工技术人员更好的理解构件深化设计的意图, 可以形成 BIM 生产模拟动画、流程图等, 有助于生产工人的加工质量和准确性。

### 2.3.3 施工现场组织以及吊装等工序的模拟

将施工进度计划的相关信息录入到 BIM 技术中形成 4D 模型, 能直观准确的反映整个号房的施工过程, 包括构件吊装顺序、构件的方向以及预制构件连接情况。通过碰撞分析, 可以对施工图不易看出的碰撞情况进行收集纠正 (如预制构件预留钢筋与现浇混凝土结构, 各管线之间等)。同时, 还可以对复杂部位等施工节点进行提前预演施工模拟, 提高现场施工的效率。

## 3 结语

在前期深化设计以及结合 BIM 技术的基础上, PC 构件预制生产以及吊装施工过程顺利。进入施工安装阶段后, 初期由于构件的吊装以及 BIM 技术运用的不熟练, 工程进度半个月施工 1 层, 然后到 10d 施工 1 层, 工人构件吊装、安装技能不断熟练以及 BIM 模拟施工技术的熟练运用, 能明确最为合理施工工序的搭接节点以及人材机安排的最优方案, 到第四层以后能达到 7d 施工 1 层, 实现了最初预想的工期目标。说明工艺设计的精准以及结合 BIM 技术的应用, 能优化施工工序以及提升预制构件的生产质量、精准度, 使得施工效率得到了提高, 满足当前装配式建筑的工程质量需求, 为以后此类工程的施工积累了经验。

## 参考文献

- [1] 黄亚斌. 企业级 BIM 应用实施步骤 [J]. 土木建筑工程信息技术, 2011(04):56-61.
- [2] 李双双. BIM 技术在装配式建筑中的应用探究 [D]. 邯郸: 河北工程大学, 2017.
- [3] 王玉兰, 马宁. 装配式混凝土建筑设计规范梳理与建议 [J]. 墙材革新与建筑节能, 2018(07):38-42.