

BIM 技术在商业综合体分析与设计中的应用研究

文志彬 罗毅 吴琴锋 范超 张勤

(成都基准方中建筑设计有限公司, 成都 610021)

【摘要】本文以恒大岷江新城6#地块商业综合体为例,采用多种BIM软件交互式应用以及可视化编程的方法,研究了BIM技术在某商业综合体建筑性能化分析、结构设计与分析、装配式建筑深化设计各阶段中的应用,充分体现了BIM模型在分析与设计中的应用价值和广阔前景,为BIM技术在设计阶段的应用提供参考。

【关键词】BIM技术;设计阶段;建筑性能化分析;装配式建筑;深化设计

【中图分类号】TU17 **【文献标识码】**A

【版权声明】本文被《土木工程信息技术》、中国知网重要会议论文全文数据库(CPCD)收录上网,未经授权严禁登载。

引言

随着计算机水平的进步、国家政策的推动,我国BIM技术迎来飞速发展时期,特别是BIM技术在建筑全生命周期的应用也越来越深入,由最初的图纸翻模、碰撞检查、漫游展示等初级应用,逐渐过渡到管线综合优化、5D施工模拟、工程量计算、BIM信息平台开发等高级应用。这些高级应用主要集中在工程的施工阶段^[1-5]和运维管理阶段^[6-9],而在设计阶段,BIM技术应用还主要集中在碰撞检查^[10-11]、管线综合优化^[12]、工程量统计^[13]等较为初级的应用领域。

近年来,不少学者开始对BIM技术在设计阶段的应用点进行探索,杨麒麟等^[14]提出了一套基于BIM技术的地铁类项目协同设计方法,该方法利用BIM可视化的优点对地铁站的内部和外部进行协同设计。文志彬等^[15]基于BIM系列软件研究了BIM技术在办公类建筑全生命周期中的应用,在设计阶段,利用BIM技术的可出图性,在Revit软件中实现了结构平法施工图、三维钢筋图的智能化出图。赵一丁^[16]研究了设计阶段将BIM技术应用于教学楼火灾烟气蔓延与人员疏散模拟的新方法,并基于可

视化分析结果制定了既定火灾工况下的人员逃生疏散图。

上述研究主要将BIM技术可视化、可出图性特点应用于建设项目的设计阶段中,而BIM技术的优化性、模拟性等特点在建筑设计阶段的应用还鲜有深入研究。本文以某商业综合体为例,基于Revit平台搭建BIM核心模型,利用BIM技术可视化、模拟性、优化性等特点,采用多款BIM软件交互应用以及可视化编程的方式,探索并研究了BIM技术在设计阶段的应用方法,充分发挥了BIM模型在分析和设计中的价值,为现阶段BIM技术在设计阶段的应用提供参考。

1 工程概况

本工程位于成都市新津县普兴镇,建筑面积约为3.4万m²,建筑地下一层(局部两层),地上四层,拟打造为含有九大主力业态的商业综合体,如图1所示。为满足成都市对建设工程预制装配率的双控要求,本项目选择部分楼板、楼梯、次梁进行预制,经测算该综合体的装配率为32.76%,其中混凝土预制率为15.3%。

【作者简介】 文志彬(1991-),男,助理工程师,硕士,注册结构工程师,高级BIM建模师,主要从事BIM技术应用研究。

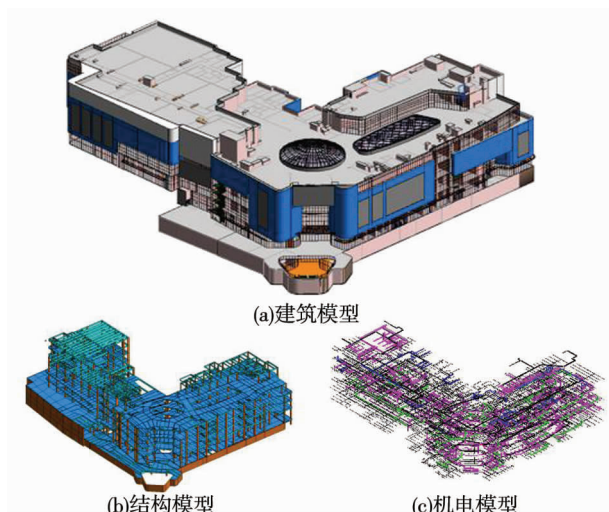


图1 某商业综合体 BIM 模型

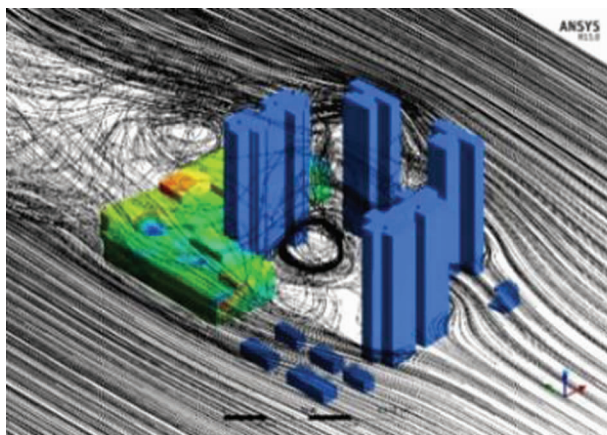


图2 建筑群三维流线图

2 基于 BIM 的建筑性能化分析

对于一般项目,由于时间与费用的限制,很难对其日照、风环境、声环境、火灾蔓延时间与人员疏散时间等指标进行多方案模拟分析。BIM 技术的出现,为建筑性能化分析的普及提供了可能性,可利用 BIM 技术信息集成和一模多用等特点,对商业综合体进行性能化分析,并基于分析结果对各项指标进行优化设计。

2.1 CFD 风环境分析

基于 BIM 技术,采用 Revit 与 ANSYS Fluent 交互的方法研究了建筑场地的风环境特性,如图 2 所示,根据 CFD 模拟分析结果,提出改善流场分布、减小涡流等建议,对建筑周边行人区域的舒适性进行优化。

建筑迎风面和背风面的风压差是实现室内自然通风的先决条件,提取建筑在风荷载作用下迎、背风面的压力云图,如图 3 所示,直观显示了风压差较大的立面,在其上设置外窗,可实现较好的室内自然通风。

2.2 影院声学分析

本商业综合体在四层设置影院厅,为使影院内观众区域的收音效果达到最佳,基于 BIM 技术,采用 Revit 与 EASE 交互的方法,将 BIM 模型转为声学分析模型,如图 4 所示,对影院进行了声环境分析,确保影院平均最大声压级满足规范要求。

提取影院壁挂式音箱在不同指向角 α 下的总

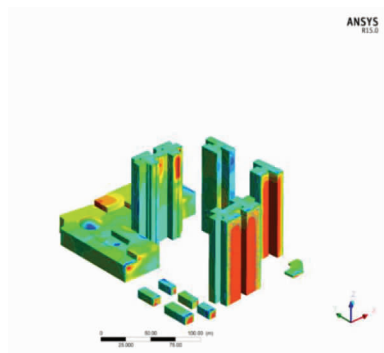


图3 建筑群表面风压云图

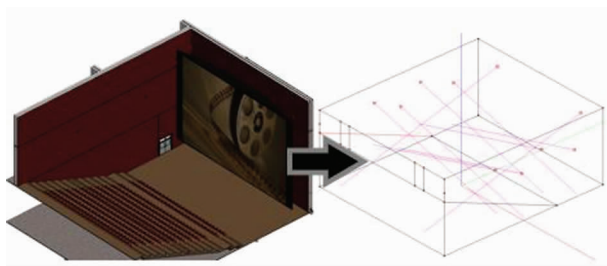


图4 BIM 模型转为声学分析模型

声压级、声能比与声音清晰度等云图进行对比分析,如图 5 所示,对音箱的指向角度进行优化,使电影放映过程中观众区域的音效达到最优。

2.3 日照分析

日照分析展示了自然光和阴影对项目的影响,为建筑设计提供有价值的信息。

在 Revit 中运用“日光路径研究”的方法分析了塔楼影响下,商业综合体在大寒日与冬至日的采光情况,如图 6 所示,并根据分析结果,对商业综合体的窗墙比进行优化。

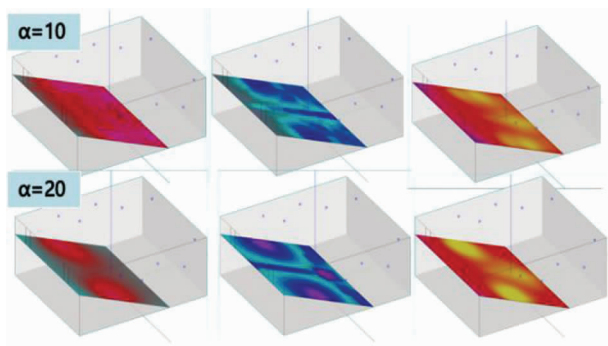
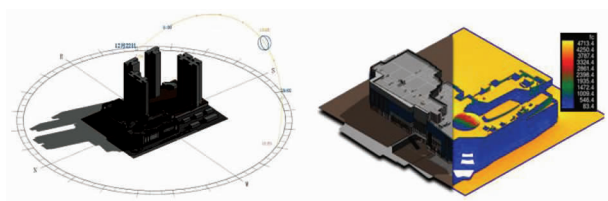
图5 音箱指向角 α 优化分析

图6 Revit 日光路径研究

2.4 烟气模拟

本项目基于 BIM 技术,采用 Revit 与 Pyrosim 交互的方法对综合体进行了火灾烟气蔓延分析。通过烟气蔓延模拟,直观地反应出火灾发生过程中商业综合体内部烟气蔓延情况和温度场分布(图 7),为商业综合体的消防安全工作提供有力的数据支持。

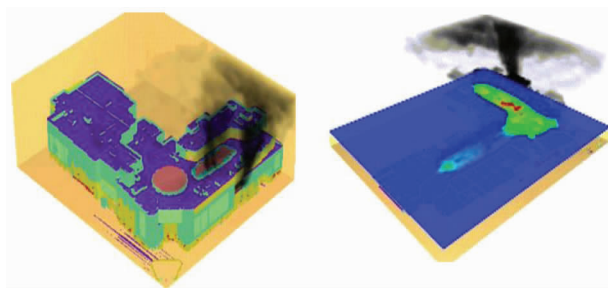


图7 Pyrosim 烟气蔓延模拟分析

2.5 人员疏散模拟

为评估商业综合体各疏散通道设置的合理性,采用 BIM 技术,利用 Revit 与 Pathfinder 交互的方法进行了建筑人员疏散模拟,如图 8 所示。借助 BIM 技术可视化的特点,研究了商业综合体内部人员疏散的情况,对易发生拥挤的疏散通道采取增宽、调整布置等优化措施,同时,疏散结果对消防管理工作具有重要的指导意义。



图8 Pathfinder 人员疏散模拟

3 基于 BIM 的结构设计与分析

将 BIM 技术应用于结构设计与分析,主要包括结构设计、楼板应力分析、楼板舒适度分析、型钢混凝土节点有限元分析、单层网壳参数化设计与风振分析,充分体现了设计阶段 BIM 技术在结构领域中的应用价值。

3.1 结构设计

利用可视化编程平台 Dynamo,编制多种基于 Revit 平台的 BIM 结构模型批量处理效率工具,大幅提高模型搭建效率。建模完成后,将分析模型导入 YJK 进行结构分析与设计(图 9),最终完成商业综合体的全套施工图纸。

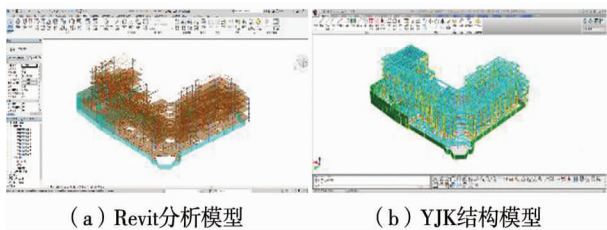


图9 Revit 模型导入 YJK 分析

3.2 楼板应力分析

由于本商业综合体为超长结构,须进行楼板温度应力分析,以确保楼板在温度作用下不出现贯通性裂缝。基于 BIM 技术,采用 Revit 与 MIDAS Gen 交互的方法进行了楼板温度应力分析,如图 10a 所示,根据分析结果提出相应的楼板加强措施。此外,本商业综合体内部较多部位楼板不连续,为保证结构在地震作用下楼板处于弹性工作状态且不出现在贯通性裂缝,将 BIM 模型导入 Midas Gen 中进行楼板中震应力分析,根据楼板的详细应力分析结果,找出楼板的薄弱部分并采取相应补强措施,如

图 10b 所示。

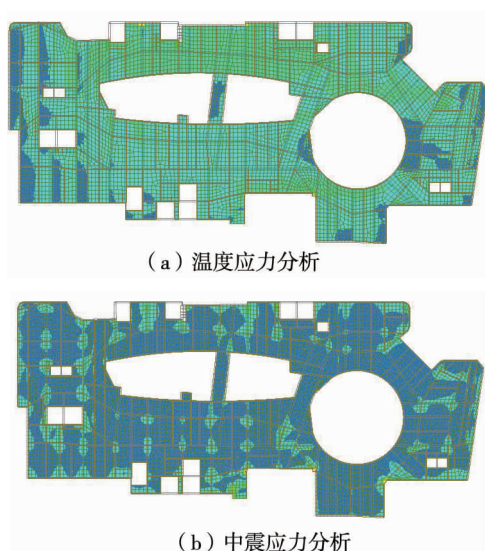


图 10 楼板应力分析

3.3 悬挑结构舒适度分析

为保证综合体内悬挑部位楼板的舒适度,利用 BIM 技术一模多用的特点,将 BIM 模型导入结构分析软件 SAP2000 中,进行了楼板舒适度验算,确保了在人行激励荷载下楼板的竖向自振频率与竖向加速度满足规范要求。

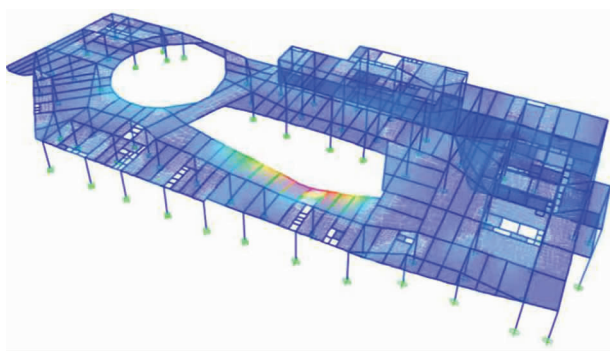


图 11 楼板舒适度分析

3.4 型钢混凝土节点有限元分析

本商业综合体在大跨度处设置型钢混凝土柱与梁,为保证型钢混凝土节点在服役期间的安全性,利用 BIM 技术,采用 Revit 与 ABAQUS 交互的方法对型钢混凝土节点进行了精细化有限元分析,如图 12 所示。

其中,混凝土与钢骨采用 C3D8 单元,钢筋采用 TRUSS 单元,混凝土本构选用 CDP 模型,钢筋本构选用双折线随动硬化模型。通过有限元分析可得,

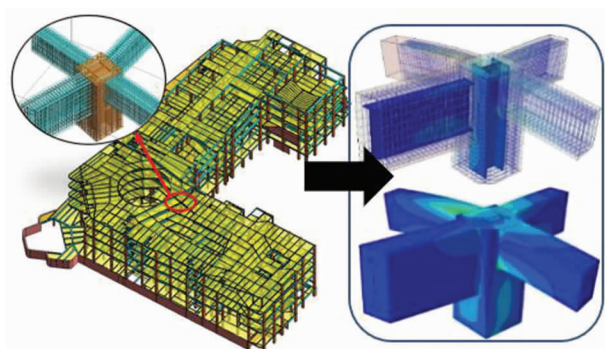


图 12 型钢混凝土节点有限元分析

在设计基本组合作用下,型钢混凝土节点处混凝土与钢材应力均未到达屈服点,该节点设计合理;通过低周往复加载,研究了该节点的恢复力特性,模拟结果显示该节点滞回环饱满,抗震性能良好。

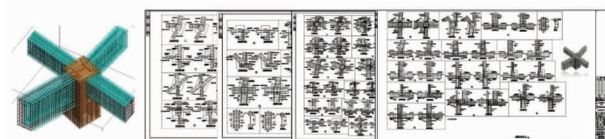


图 13 型钢混凝土节点 BIM 模型出图

利用 BIM 技术可出图性的优点,可在 Revit 中对型钢混凝土节点 BIM 模型创建不同剖面,直接导出各节点大样图纸,配合三维 BIM 模型,进行三维可视化交底,生动直观的展示节点区域内钢筋、钢骨间的关系,为施工人员提供便利。本工程共计 SRC 节点大样索引 250 余处,共导出节点详图 10 张,如图 13 所示。

3.5 单层网壳参数化设计

将 BIM 技术与参数化设计相结合,在可视化编程平台 Dynamo 中编制单层网壳参数化生成程序,对屋顶单层网壳进行参数化选型与设计,如图 14 所示。

由于单层网壳为缺陷敏感型结构,须进行考虑初始几何缺陷的整体稳定全过程分析。采用 SAP2000 与 3D3S 两款软件进行对比分析,得出了单层网壳的安全系数 K,如图 15 所示。此外,根据屋顶单层网壳施工要求,进行了整体吊装过程的验算,确保施工过程中的安全性。

由于单层网壳对风荷载较为敏感,且商业综合体旁的塔楼对网壳所受风荷载有一定的影响,采用 BIM 技术,利用 Revit 与 ANSYS Fluent 交互的方法对网壳进行 CFD 分析。通过比较 CFD 模拟下有、

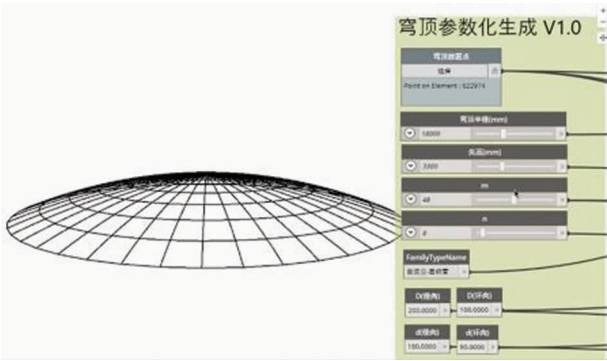


图 14 单层网壳参数化设计

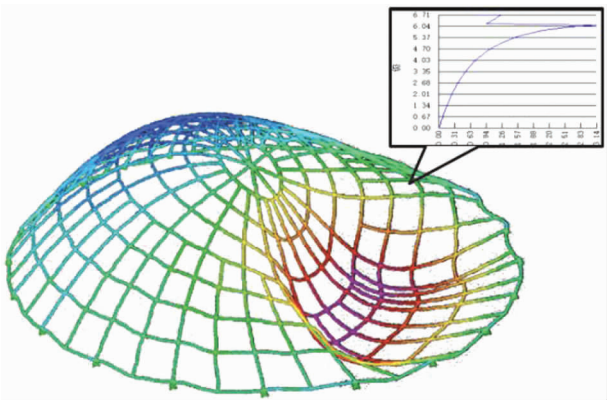


图 15 考虑初始缺陷的整体稳定全过程分析

无塔楼时网壳表面的风压云图,可以直观地看出在塔楼遮挡下,由于空气旋涡脱落与再附的影响,网壳表面出现较大的负压,如图 16 所示,须根据分析结果对其进行时域内的风振分析。将单层网壳上各节点的风压时程进行提取,在结构分析软件中加载并分析,确保了网壳在风荷载作用下的安全性。

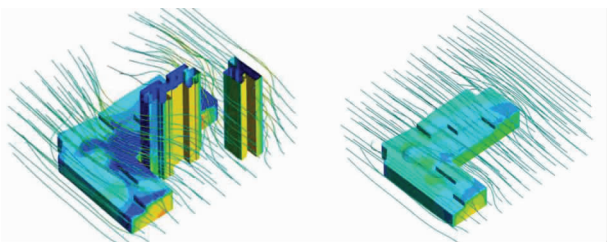


图 16 塔楼遮挡研究

4 基于 BIM 的预制构件深化工具开发与应用

将 BIM 技术与装配式建筑相结合,采用基于 BIM 的深化设计方法,应用“所见即所得”的三维可

视化特性,从构件拆分阶段到深化阶段,充分利用参数化设计理念,编制建筑预制装配率一键测算工具和叠合板、预制楼梯、叠合梁、预制剪力墙深化工具,大幅提高了预制构件的深化设计效率。应用 BIM 技术的对构件进行预装配,确保其准确性和可建造型。此外,深化构件 BIM 模型也可直接指导生产单位进行构件加工。

4.1 装配率一键测算

成都市对装配式项目出台了相关规定,对建设项目提出了装配率与预制率的双控要求。为了快速测算建筑的预制装配率,本项目采用可视化编程的方法编制构件体积一键提取工具,利用该工具可对建筑的装配率进行快速测算,如图 17 所示。本商业综合体选择部分楼板、楼梯、次梁进行预制,经测算该综合体的装配率为 32.76%,混凝土预制率 15.3%,均满足要求。

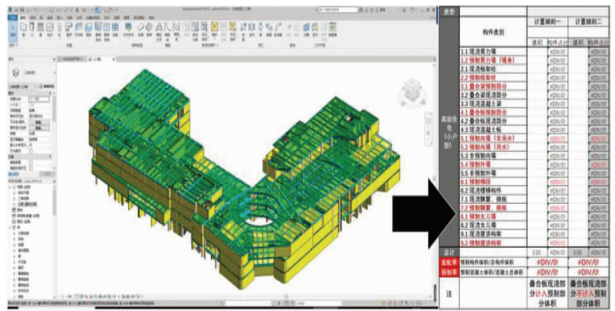


图 17 基于 BIM 的建筑预制装配率一键测算

4.2 叠合板—深化工具开发

为提高在 Revit 中拆分叠合板的效率,基于可视化编程平台 Dynamo,编制楼板一键拆分工具,对需要预制的楼板进行一键拆分,如图 18 所示。

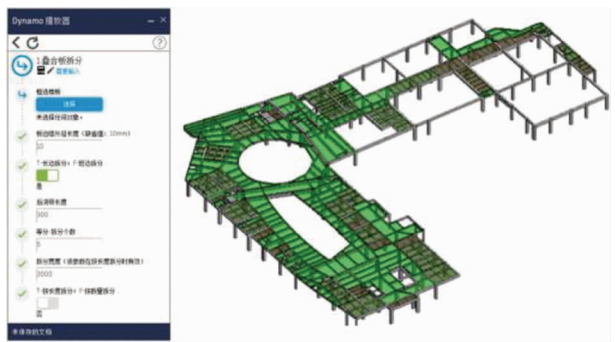


图 18 叠合板参数化拆分

完成叠合板拆分后,利用可视化编程平台 Dynamo 编制叠合板深化工具并对叠合板进行深化

设计,如图 19 所示,本工程共计导出构件深化加工图约 1000 张,采用深化工具大幅提高了叠合板的深化设计效率。

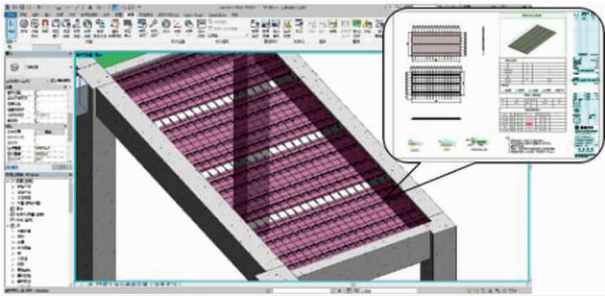


图 19 利用叠合板深化工具进行深化并出图

4.3 预制楼梯—深化工具开发

预制楼梯中钢筋种类较多,且其深化加工图的纸绘制较为繁琐。为提高预制楼梯的深化设计效率,基于可视化编程平台 Dynamo 编制预制梯段参数化生成工具和梯段防滑槽生成工具,可在 Revit 中完成预制楼梯的参数化生成,如图 20 所示。

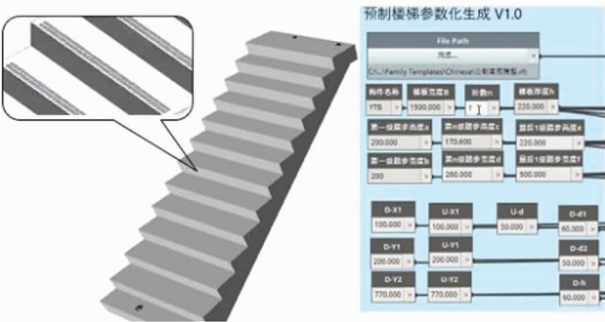


图 20 预制梯段及防滑槽参数化生成

然后,运用预制梯段钢筋一键生成工具完成钢筋的生成,如图 21 所示。本项目共导出预制梯段加工图 64 张,采用深化工具大幅提高了预制楼梯的深化设计效率。

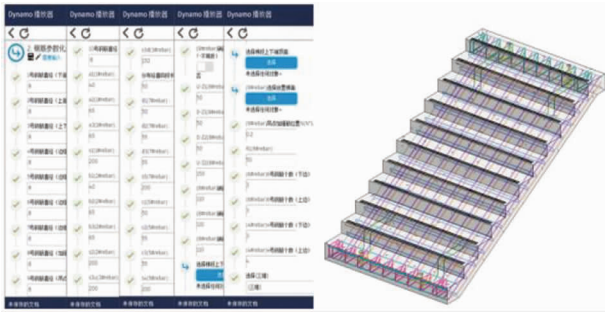


图 21 预制楼梯钢筋生成

4.4 叠合梁—深化工具开发

为提高叠合梁的深化设计效率,基于可视化编程平台 Dynamo 开发叠合梁深化工具,在 Revit 中实现叠合梁钢筋一键生成、钢筋信息一键统计等功能。借助深化工具完成叠合梁的深化设计并导出加工图纸,如图 22 所示。

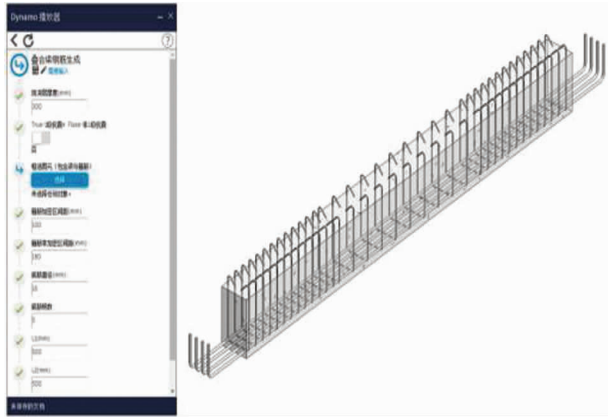


图 22 叠合梁深化工具

4.5 预制剪力墙—深化工具开发

本商业综合体塔楼部分竖向构件采用预制剪力墙,为提高剪力墙深化设计效率,基于可视化编程平台 Dynamo 编制预制剪力墙深化工具,包括外叶墙板进行一键生成、墙体钢筋参数化生成和灌浆套筒一键生成等,如图 23 所示,可在 Revit 中可对预制墙体快速深化并导出深化加工图。

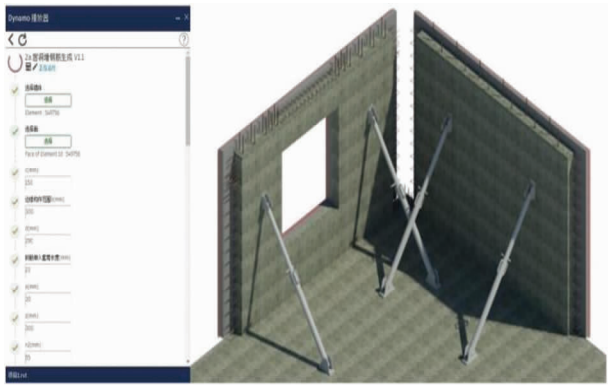


图 23 预制剪力墙—深化工具

程序可自动根据剪力墙的尺寸,为墙体创建保温隔热层和建筑面层,还可根据输入的参数生成剪力墙中的钢筋和灌浆套筒。与市面上现行的插件相比,本程序的优势在于可一键生成带洞口墙体的钢筋,且符合图集的构造要求,如图 24 所示。

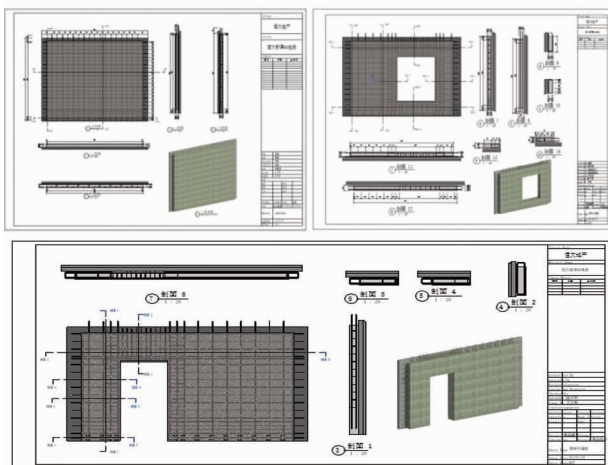


图 24 不同类型的预制剪力墙—深化加工图

5 结论

本项目将 BIM 技术应用于商业综合体的设计阶段,采用多款 BIM 软件交互应用与可视化编程的方式,探索并研究了 BIM 技术与建筑性能化分析、结构设计与分析以及装配式建筑等领域的应用点,得出以下结论:

(1)将 BIM 技术可视化、模拟性和优化性的特点应用于建筑性能化分析的各个阶段,包括风环境分析、日照分析、声学分析、烟气蔓延分析、人员疏散分析等,以分析结果为支撑,对建筑的各项性能进行优化设计。

(2)将 BIM 技术可视化、信息化和一模多用的特点应用于结构设计与分析的各阶段,包括结构设计、楼板应力分析、楼板舒适度分析、型钢混凝土节点有限元分析、单层网壳参数化设计及风振分析等。基于分析结果,在保证结构安全性的情况下,对结构进行合理的优化,充分体现了 BIM 技术在结构领域的优势。

(3)利用可视化编程平台 Dynamo,编制预制构件深化工具包,包括装配率一键测算、叠合板、叠合梁、预制楼梯、预制剪力墙等构件的深化工具。可在 Revit 中对各类构件进行深化设计,并导出深化加工图纸,大幅提升设计效率。

本文结合实际工程探索并研究了 BIM 技术在商业综合体设计阶段的应用方法,充分体现了 BIM 模型在分析与设计中的应用价值和广阔前景,为 BIM 技术在设计阶段的应用提供参考。

参考文献

- [1] 张云帆,孙晓春,刘海勇. 基于 BIM 技术的施工管理应用探索研究[J]. 土木建筑工程信息技术, 2014, 6(05): 89-94.
- [2] 张坤南. 基于 BIM 技术的施工可视化仿真应用研究[D]. 青岛理工大学, 2015.
- [3] 吴迪迪. 基于 BIM 技术的施工阶段应用研究[D]. 吉林建筑大学, 2017.
- [4] 夏有为. BIM 技术在桥梁工程施工中的应用[J]. 建筑技术开发, 2019, 46(01): 123-124.
- [5] 张建平,李丁,林佳瑞,等. BIM 在工程施工中的应用[J]. 施工技术, 2012, 41(16): 10-17.
- [6] 王晓玲,邱茂盛. BIM 在高校学生宿舍运维管理中的应用与实践[J]. 厦门城市职业学院学报, 2018, 20(03): 93-96.
- [7] 张昌鸣,陆萍,何斌. BIM 在地铁车站运维系统中的应用[J]. 中国科技信息, 2017(23): 49-51.
- [8] 刘三明,雷治策. BIM 在智慧建筑运维中的应用[J]. 智能建筑, 2017(11): 48-50.
- [9] 胡北. 基于 BIM 核心的物联网技术在运维阶段的应用[J]. 四川建筑, 2016, 36(06): 89-91.
- [10] 马天磊,邓思华,李晨光,等. 装配式结构 BIM 碰撞检查分析研究[J]. 建材技术与应用, 2017(01): 40-42.
- [11] 杨科,康登泽,车传波,等. 基于 BIM 的碰撞检查在协同设计中的研究[J]. 土木建筑工程信息技术, 2013, 5(04): 71-75+98.
- [12] 黄迪,王明丽,李淑芬,等. 基于 BIM 的 MEP 管线综合技术优化性研究[J]. 工程建设与设计, 2016(11): 72-76.
- [13] 董爱平,陈传春,仲伟秋. BIM 在钢结构工程量统计中的运用研究[J]. 土木建筑工程信息技术, 2018, 10(01): 43-47.
- [14] 杨麒麟,文志彬,杨万理,等. 一种基于 BIM 的可视化协同设计新方法[A]. 中国图学会 BIM 专业委员会. 第二届全国 BIM 学术会议论文集[C]. 中国图学会 BIM 专业委员会: 中国建筑工业出版社数字出版中心, 2016: 7.
- [15] 文志彬,赵一丁,周盟,等. 基于 BIM 软件的交互式研究与应用——以西南交大犀浦校区行政楼为例[J]. 中国高科技, 2018(22): 97-99.
- [16] 赵一丁. 基于 BIM 的建筑火灾及疏散数值模拟方法研究[D]. 西南交通大学, 2018.

Study on Application of BIM Technology for Analysis and Design in Commercial Complex Projects

Wen Zhibin, Luo Yi, Wu Qinfeng, Fan Chao, Zhang Qin

(JZfz Architecture Design Co., Ltd., Chengdu 610021, China)

Abstract: The application of BIM Technology to performance-based analysis, structural design and analysis, and detailed design of prefabricated building for a commercial complex in each stage is studied by means of interactive application of various BIM software and visual programming methods. The results fully reflect the application value and broad prospects of BIM model in analysis and design, which provides reference for the application of BIM technology in the design phase.

Key Words: BIM Technology; Design Phase; Performance-based Analysis of Buildings; Prefabricated Building; Detailed Design