

BIM 技术在桥梁设计中的应用研究

张 泉

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘 要: BIM 技术在工程领域广泛应用,是未来发展的重要方向。对 BIM 技术进行简要剖析,提出 BIM 模型数据结构的基本原则。以香格里拉及周边路网综合整治工程基础结构为例,说明 Revit 构件建模、项目建模的过程。从构件及项目模型中提取关键信息,通过二次开发的方式输出施工图,总结 Revit 输出施工图的方法与原则,为 BIM 技术在桥梁设计中的应用提出新的思路。

关键词: BIM; Revit; Python; 桥梁设计; 桩基础; Autocad

中图分类号: TP319; U442.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)05-0298-05

0 引 言

1975 年,乔治亚理工大学 Chuck Eastman 教授在其研究课题《Building Description System》中提出“a computer-based description of a building”理念,以期通过实现可视化和量化分析来提高工程建设中的工作效率。该理论即为 BIM 概念的理论雏形,Chuck Eastman 教授也被大家称为“BIM 之父”^[1]。

2002 年,Autodesk 公司发布《BIM 白皮书》,以 Revit 为代表的一批应用软件发布,标志着 BIM 真正由理论落实到工程实践当中。

1 BIM 概述

建筑信息模型(Building Information Modeling),简称为 BIM,指通过创建并利用具备全方位建设项目数字化信息的模型,对建设工程项目的设计、建造、运维及拆除的全生命周期进行优化和管理的过程、方法和技术^[2]。

利用数字化技术,建立虚拟的建筑三维模型,模型中包含完整的、与实际情况一致的建筑工程信息库,包含几何信息、专业属性、状态信息及非构件对象(如空间、运动行为)的状态信息等^[3]。

BIM 模型大大提高了建筑工程信息集成化程度,具有可视化、协调性、模拟性、优化性、可出图性的特点^[6]。

2 BIM 模型剖析

BIM 模型的核心是“信息”,信息在计算机系统

中以数据的形式存在。

BIM 模型中的数据应该是结构化且动态的。结构化是动态的基础,只有实现数据间互联互通,才能实现模型的动态调整,在局部调整后依然保证项目整体的完整且协调^[4]。

BIM 模型的基础是数据及数据结构,二者构成 BIM 模型的底层。数据由工程人员根据工程项目实际输入,数据结构主要由 BIM 软件确定。BIM 模型的可视化、协同分析、输出图纸等功能均是在此基础上的应用,这些应用构成 BIM 模型的上层,其相互关系如图 1 所示。

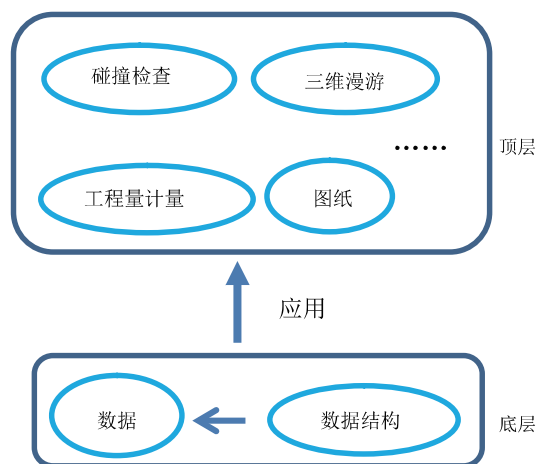


图 1 BIM 模型内部关系

BIM 模型中数据结构应满足以下三个原则:

(1) 数据间相互关联

应有物理联系的数据相互关联,最大限度反映结构各部分相互关系,当局部发生变化时,其余各部分能自动协同调整。例如,在桥梁结构中,确定墩梁间隙为一定值,在其他条件不变的情况下单独调整梁高时,墩柱高度能自动调整,整个结构依然保持协

收稿日期: 2020-09-21

作者简介: 张泉(1986—),男,学士,工程师,从事道路桥梁设计工作。

调统一。

(2) 数据定义避免冗余

模型中的数据根据其产生方式不同分为两类:定义数据和导出数据。

定义数据,是由工程人员在模型中直接输入的数据。

导出数据,是模型内部根据数据结构的规则,由定义数据及其他导出数据可以得到的数据。导出数据由模型自动生成,不需要进行干预。

在模型中尽量少的设定定义数据,建立内部逻辑联系及计算规则生成导出数据,实现模型参数化。

(3) 数据定义、导出能双向进行

定义数据和导出数据是相对的,数据在互联互通的情况下可以相互导出,提高了模型的灵活性。建模与修改更加方便快捷,提高易用性。

3 BIM技术在工程设计中的优势

BIM技术依托计算机领域成熟的软硬件条件,大幅度提高工程领域信息集成化水平。利用BIM技术进行桥梁设计,优势体现在以下方面。

(1) 方便各专业协调一致

各专业设计人员完成本专业设计工作,通过中心文件等方式进行数据通信,实现数据即时更新。

(2) 实现并行设计

BIM模型中数据实现结构化,整个模型由少量数据控制,桥梁设计可在缺少详细信息的情况下建立较粗糙模型,待获取详细信息后进行少量更新即可完成设计。避免了传统设计中各设计工作相互耦合。

(3) 提高设计质量

在BIM设计过程中,设计人员的所有工作都是在模型中完成,输出的2D图纸仅为BIM模型成果表达,且输出过程由程序自动完成,没有人工干预,减少低级错误。

在设计工作进行中,校审工作也可在模型中同步进行,校审人员在模型中直接标注校审意见,设计人员进行实时修改,避免同类错误反复出现。

设计工作完成后,对细部构件校对校核可按类型进行,对同一类构件仅需校核其中有代表性的一个成果,即可验证其内部逻辑关系的正确性^[5]。

(4) 减少设计过程中冗余浪费

BIM设计过程以模型为载体,可避免传统设计以2D图纸为载体带来的频繁改图问题。在设计过程中,仅在设计节点自动出图,设计过程中的变更、调

整均在模型中进行,保持设计成果一致性,实时更新,避免改图的劳动力浪费,也避免更新不及时而导致设计返工。节约人力,提高效率。

(5) 方便设计成果归档及重用

通过对BIM模型存档,可以完整地保留项目成果及过程信息。相比于传统图纸存档的方式更加方便快捷,且保留更多信息,便于日后其他项目借鉴使用。

BIM模型中保留设计全部成果,通过调整关键参数可实现模型快速修改。BIM模型中的构件均参数化,可以方便地使用在其他模型中。

通过重用模型和构件,可以避免重复劳动,提高设计效率,当积累大量模型与构件,可快速完成新模型创建,提高设计效率。既有构件经过项目检验,也避免出现错误,提高设计质量。

4 BIM设计实现方法

目前比较成熟的BIM通用软件有Revit、CIVIL3D、INFRAWORKS等,其中Revit支持各种自由形状建模和参数化设计,利用样板、族库可方便快捷地进行标准设置和参数化设计。因此,选择Revit作为BIM设计平台^[5]。

BIM建模主要有以下几个步骤^[6]:

(1) 设定模型环境参数;

(2) 输入模型边界条件;

(3) 总体方案设计;

(4) 引入族库,并有针对性地开发新族;

(5) 完成方案、细部设计;

(6) 提取统计信息,输出图纸,获取三维演示动画等成果。

以上各步骤中,除施工图纸外,其余过程可在Revit自带功能中找到。目前Revit直接输出的图纸不能满足国内规范及行业要求,可以利用Python语言创建插件,使Revit与Autocad进行信息交互,在Autocad中完成二维图纸输出。

5 BIM建模并实现图纸输出

5.1 项目概况

本项目为香格里拉及周边路网综合整治工程,桥梁工程包括西塔高速主线桥梁拼宽和西塔高速昆仑路下匝道改建两部分。

主线桥梁拼宽起点位于A/H匝道合流点,桩号K1+197.533,终点位于原昆仑路下匝道,桩号

K1+499.133, 拼宽长度约 301.6 m, 拼宽宽度 4~8.75 m, 如图 2 所示。

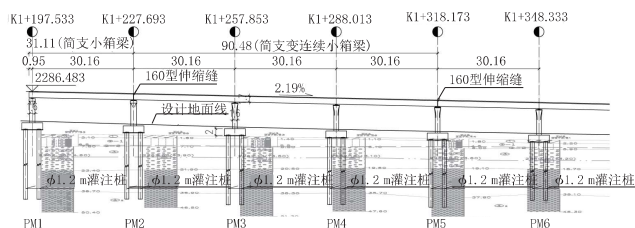


图 2 主线桥梁总体布置图(局部)(单位:m)

新建下匝道桥梁全长 140 m, 宽度 8.5 m, 断面布置为 0.5 m(防撞护栏)+7.5 m(车行道)+0.5 m(防撞护栏)=8.5 m, 如图 3 所示。

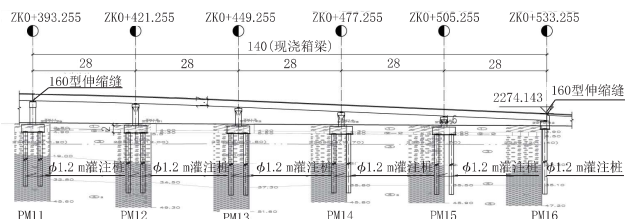


图 3 匝道桥梁总体布置图(单位:m)

5.2 建模内容

本项目涉及构件类型众多, 若一一实现则耗费人力、时间。现以承台桩基础为例, 说明 Revit 进行建模及图纸输出的过程。

项目中墩下承台桩基础有两种规格, 如图 4、图 5 所示。

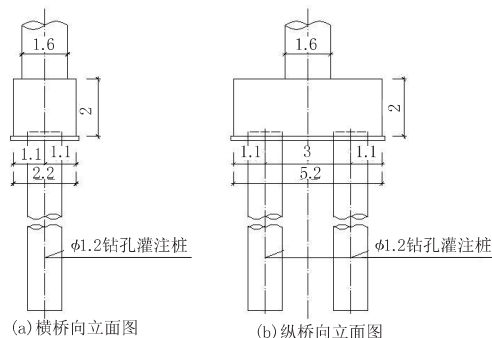


图 4 两桩基础构造图(单位:mm)

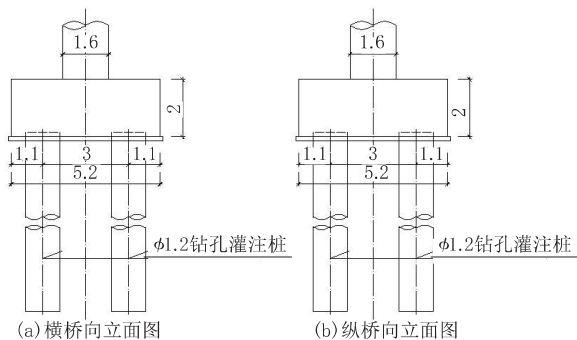


图 5 四桩基础构造图(单位:mm)

分别创建桩柱、承台构件, 并进行组合创建基础构件。在 Revit 模型中根据实际坐标方位布置基础构件, 完成全桥建模, 并进行后续出图操作。

5.3 Revit 建模过程

5.3.1 创建桩柱构件族

构件中包含桩柱的几何信息及配筋信息。

几何信息, 包括: 桩径、桩长、桩顶标高及变截面信息。本项目中桩柱均为 1.2 m 等截面钻孔灌注桩, 构件信息中暂不包含变截面信息。

在构件中, 设置桩径为族参数, 其余桩长、桩顶标高为实例参数, 族参数和实例参数的说明见 Revit 相关资料。

配筋信息, 包括: 主筋、箍筋、加强钢筋的直径、长度、规格及几何形状等, 如图 6 所示。

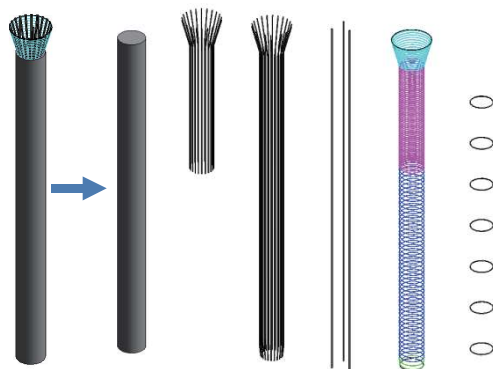


图 6 桩柱构件及分解图

5.3.2 创建承台构件族

承台几何信息包括长度、宽度和高度。

承台配筋信息包括顶底纵横向主筋、竖向钢筋的直径、长度、规格及几何形状等, 如图 7、图 8 所示。

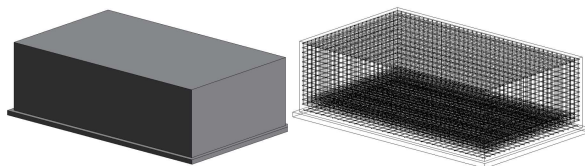


图 7 承台构件外形及钢筋布置

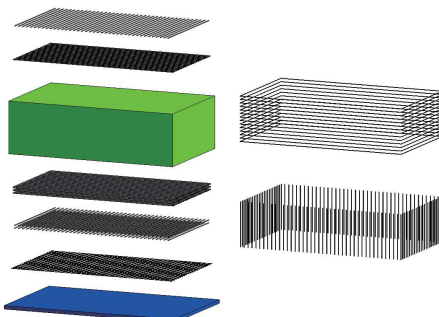


图 8 承台分解图创建基础构件族

基础构件由承台和桩柱构件组合而成, 以承台底面中心作为构件基准点。

基础构件参数包括: 承台类型、桩柱类型、桩柱平面布置, 构件定位信息, 如图 9 所示。

由于在基础构件族中将桩柱平面布置参数化,

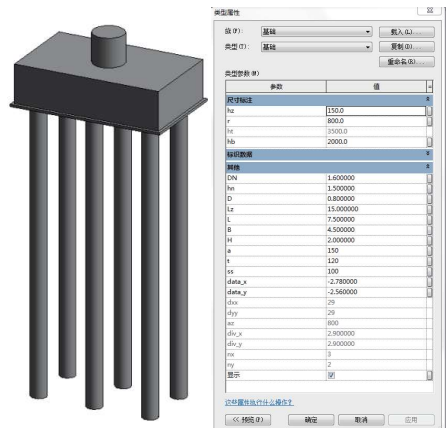


图9 典型基础构造及参数表

可以用一个构件族表达两桩、四桩构件,减少构件类型,提高信息集成化程度。

5.3.3 在 Revit 模型中布置基础构件

从以上建模过程可以看出,在 BIM 模型中,数据在不同层次(桩柱、承台→基础→全桥模型)中存储。不同层次的数据通过相互引用以及参数赋值方式建立联系,完成底层数据及数据结构建模,如图 10 所示。

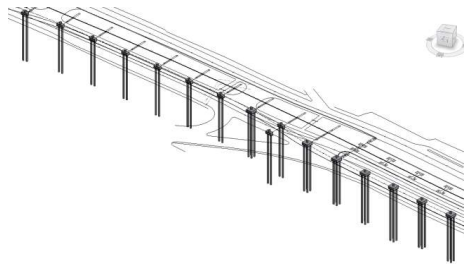


图10 全桥基础模型

5.4 进行二次开发生成图纸

二次开发分为两部分。利用 Python 工具在 Revit 模型中搜集整理布置及构件信息,通过 pywin32 模块与系统 COM+ 通信,可以将信息发送至 acad application;acad application 中可以调用 Autocad 所有绘图命令,通过开发相应脚本可方便快捷绘制出二维图纸,如图 11 所示。

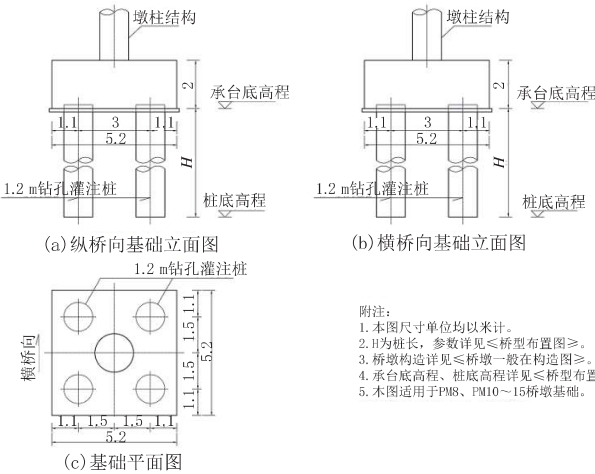


图11 典型构造图(单位:m)

5.4.1 在 Revit 中进行二次开发

在 Revit 中利用 Python 语言开发脚本,对模型中构件信息进行汇总,根据各基础相似程度分组,按既定格式详细记录各构件关键参数,作为 Autocad 绘图的原始数据。

5.4.2 在 Autocad 进行二次开发

Python 利用 pywin32 模块操作 Autocad 的 VBA 模块。若当前系统中无正在运行的 acad application 实例,则创建新的 acad application 实例;若已存在 acad application 实例,则获取其中一个实例的控制权。

在受控的 acad application 实例中新建文件对象。VBA 模块获取前述数据,根据既定规则向文件中写入图形或图形属性对象,完成后保存文件,完成绘图。

目前绘图脚本可以自动完成绝大部分工作。由于绘图脚本还不完善,仍有少许问题,例如图块重叠冲突、图块超出图框范围,尺寸标注线异常等问题。目前仍需人工修改,但与直接绘图相比,花费时间很少。

相信随着脚本的不断完善,以上问题会逐步解决,最终可自动生成符合要求的图纸文件。

5.4.3 对生成图纸进行整理

以上出图结果默认以 dwg 格式保存,在工作交接时还要用到 PDF 格式文件,可利用成熟第三方工具模块自动生成。在生成 PDF 文件时,可加入水印、防伪暗记等信息,防止文件被篡改。

转换 PDF 文件过程自动进行,防止人为不当操作,保证出图成果格式统一,提高出图质量。

5.5 向 Revit 反馈出图结果

由于输出图纸的操作通过二次开发进行,这个过程独立于 BIM 模型,在模型中没有相关信息,则 BIM 模型信息是不完整的。

为保证 BIM 模型完整性,需将出图关键信息保存在 BIM 模型中,这个过程也是通过二次开发的方式记录。

应记录信息包含以下方面。

- (1)出图阶段:标明出图发生于方案设计、初步设计或施工图设计阶段。
- (2)出图人的身份证明:可以是姓名、身份证号码、员工编号等唯一确定出图操作者身份的信息。
- (3)出图内容:说明此次出图操作输出哪些内容。
- (4)电子图纸信息:记录图纸电子文件(dxf、

dwg、pdf 等格式)的 SHA1 散列值,防止电子文件被篡改。

(5)图纸的图签信息:如图纸名称、图纸编号、版本号等。

(6)根据项目要求需记录的其他信息。

通过信息记录可以看出整个项目阶段出图过程的详细信息。一方面,可以看出各个阶段出图频次和出图量,为今后项目进行人员安排提供参考和依据;另一方面,可以分析各部分图纸修改频次,对高频次修改的图纸进行分析,是外部条件变动频繁,设计方案频繁变更,还是构件设计质量不高或其他原因导致的修改。

如有多个项目全过程出图的记录,通过对出图过程数据分析,找到设计过程中痛点,针对共性问题进行改进,为优化设计流程,提高设计质量和效率提供依据。

6 结 论

随着市场不断增长和发展,给工程建设参与者

提出的要求越来越高。BIM 技术从提出到成熟,得到越来越多工程人员的认可。本文针对桥梁设计过程提出 BIM 设计的基本流程,针对输出施工图的问题提出二次开发的解决思路,并在香格里拉项目基础设计中进行验证。通过二次开发的方式输出施工图的方法行之有效,使得 BIM 技术可以在桥梁设计领域得到推广和应用,改进设计流程,提高设计效率。

参考文献:

- [1] 刘四明,张楚. BIM 正向设计流程与管理[M].北京:中国建筑工业出版社,2020.
- [2] 王文利. BIM 技术在风电场升压站三维正向设计中的应用[J].山西建筑,2019,45(18):193.
- [3] 何其桢. 公路工程 BIM 正向设计探讨与实践[J]. 价值工程, 2019, 38(26): 231-232.
- [4] 杨杰,周良. BIM 信息流传递与重构在结构正向设计中的应用[J]. 中国市政工程,2019(3):24-27.
- [5] 罗远峰,焦柯. 基于 Revit 的装配式建筑构件参数化钢筋建模方法研究与应用[J]. 土木建筑工程信息技术,2017,9(4):41-45.
- [6] 闫雪,向高亮,姜嘉龙. Revit 软件在某商业综合楼建筑施工图绘制中的应用研究[J].土木建筑工程信息技术,2019,11(6):99-104.

(上接第 290 页)

参考文献:

- [1] 王波,李成. 透水性铺装与城市生态及物理环境[J]. 工业建筑, 2002 (12):29-31.
- [2] 王德蜜,姜迪,狄升贯. 透水路面设计与材料应用综述[J]. 城市道桥与防洪, 2013(9):35-38.
- [3] 马雪英,杨欣,吕兴国. 透水混凝土的研究与应用[J]. 混凝土世界, 2009(12):48-52.
- [4] 王瑞燕,吴国雄,郭鹏. 路面透水水泥混凝土性能研究[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版)2009,28(4):698-701.