

DOI:10.14048/j.issn.1671-2579.2021.06.021

基于 Revit 二次开发的桥梁外贴钢板 加固参数化建模技术

马明¹, 于利存^{1,2}, 王晓光^{1,2}, 张立¹

(1. 中交第一公路勘察设计研究院有限公司, 陕西 西安 710075; 2. 长安大学 公路学院)

摘要:介绍“Dynamo+Revit”开发模式以及相关流程,以一座装配式连续箱梁桥为例,采用该模式开发相应的参数化建模 Dynamo 代码,并对开发思路、参数化族的建立、构件参数的批量修改进行详细论述。在此基础上,以粘贴钢板加固法为例,根据外贴钢板的结构特征,建立相应的参数化族文件,然后采用基于结构面的建模思路获取外贴钢板以及锚固螺栓的空间位置,编制相应的 Dynamo 代码,实现了桥梁加固模型的高效建立及修改。

关键词:二次开发;Dynamo;参数化建模;可视化编程;桥梁加固

建筑信息模型(Building Information Modeling, BIM)这一概念于2002年提出,可用于创建包含项目全寿命期详细信息的三维模型。该技术以其模型可视化、信息完备性、信息一致性和关联性、工作协同性等优势在中国得以广泛推广应用,已被越来越多地应用于交通行业。现阶段,BIM技术在桥梁工程中大多用于设计和施工阶段,主要应用方向包括三维可视化、碰

撞检查、工程量统计、施工模拟及施工管理等。对于桥梁运营维护阶段,目前BIM技术应用的一大问题是缺乏既有结构的BIM模型。该文针对公路桥梁中常见的装配式梁桥,基于Revit平台二次开发,采用“Dynamo+Revit”模式开发适用于该类桥梁的专业模块,实现粘贴钢板加固模型的快速创建以及桥梁信息和结构模型的高效互动,以提高模型创建以及修改效率。

4 结语

刚构体系叠合梁斜拉桥是山地城市桥位中具有较强竞争力的结构形式之一。塔梁固结段受力复杂,又涉及钢混叠合梁与桥塔等不同材料的连接问题,使得该区域的构造更为复杂。该文结合重庆水土嘉陵江大桥的设计与施工实践,给出了适合该桥的承压式塔梁固结构造,该构造形式简单、受力可靠、施工工艺便捷,具有一定参考价值。

参考文献:

- [1] 肖汝诚. 桥梁结构体系[M]. 北京:人民交通出版社,2013.
[2] 朱斌,林道锦. 大跨径斜拉桥结构体系研究[J]. 公路,

2006(6).

- [3] 林元培. 斜拉桥[M]. 北京:人民交通出版社,2004.
[4] 王伯惠. 斜拉桥结构发展和中国经验(上)(索桥类)[M]. 北京:人民交通出版社,2003.
[5] 马振栋,卢光明,黄刚. 高低塔固结体系斜拉桥结构优化设计方法[J]. 世界桥梁,2015(4).
[6] 龙佩恒,路泽超,侯苏伟,等. 钢-混叠合梁独塔斜拉桥塔梁墩固结区应力分析研究[J]. 中外公路,2018(1).
[7] 彭元诚,刘新华. 大跨度混合式叠合梁斜拉桥设计特色与关键技术[J]. 中外公路,2017(1).
[8] 卢光明,马振栋,黄刚. 水土嘉陵江大桥主桥设计[J]. 城市道桥与防洪,2014(9).
[9] JTG D60—2015 公路桥涵通用设计规范[S].
[10] JTG 3362—2018 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].

收稿日期:2021-07-10(修改稿)

基金项目:中交一公院科技创新项目(编号:KCJJ2015-07);陕西省科技攻关项目(编号:2013K09-05);陕西省重点研发项目(编号:2019GY-211)

作者简介:马明,男,博士,工程师. E-mail:379831642@qq.com

1 Revit 平台二次开发概述

Revit 是应用较为广泛的一款基础 BIM 建模软件。由于该软件前期主要应用于建筑结构,为便于其他专业应用,一般需要根据各专业需求进行不同程度的二次开发。现阶段对于 Revit 的二次开发主要有两种方式:第一种是基于 Visual Studio 平台通过 C# 或者 VB. Net 语言进行编程,并将形成的. dll 文件以插件形式载入 Revit 的附加模块中;第二种是利用开源软件 Dynamo 直接驱动 Revit 实现所需功能的开发。相比于第一种模式,“Dynamo+Revit”的开发方式更加灵活高效,更适用于专业性功能的开发。

Dynamo 是一款高效的开源计算机辅助设计工具,利用可视化编程的方式将具备各种功能的节点按照逻辑顺序进行连接。其基本开发流程为:在 Dyna-

mo 中新建. dyn 文件,利用 Dynamo 自带节点或采用 Python 语言编写自定义节点,根据所需要实现的功能将各节点按照数据输入及输出的逻辑关系依次连接,与 Revit 进行交互查看功能实现效果,进行调试修改完成 Dynamo 命令的开发,具体流程如图 1 所示。

2 既有桥梁参数化编程建模

2.1 项目概况

以一座装配式预应力混凝土连续箱梁桥为例,桥梁全长 337.5 m,跨径组合为 $(20+3\times 30)+(20+3\times 30)+(3\times 30+20)$ m,下部结构采用柱式墩台、桩基础,横向由 4 片箱梁组成,分别在箱梁两端及跨中设置横隔板。平面位于 $R=3\ 000$ m 的左偏圆曲线上,纵断面位于 $R=18\ 000$ m 的竖曲线上,墩台径向布置。桥面横向布置如图 2 所示。

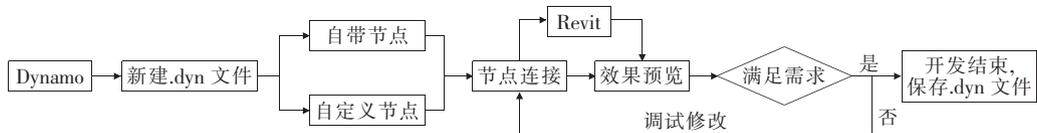


图 1 “Dynamo+Revit”开发流程

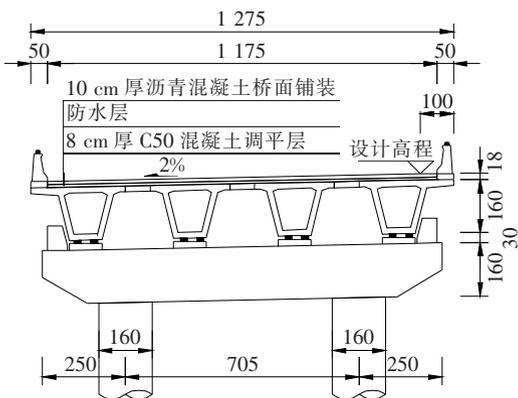


图 2 横截面布置图(单位: cm)

2.2 参数化建模方案

首先根据 CAD 图纸对桥梁结构进行分析,建立结构参数化数据库,包括结构核心数据、上下部结构布置规则、构件族规划以及族参数设定。其中结构核心数据指能够确定桥梁各组成部件空间位置的基础数据,以核心数据为基础,根据上下部结构的布置规则即可得出每个构件的空间位置;构件族规划指将桥梁建模时需要用到的构件族及其族参数进行分类统计,同时根据设计图纸列出每个构件族参数的取值。结构参数化数据库以 Excel 文件进行存储,通过 Dynamo 与

Excel 的交互读取相应数据,根据布置规则进行数据运算,生成桥梁各构件定位所需的点、线,然后通过 Revit 的交互调取构件族并放置在对应该位置,根据需要读取族参数并进行修改,最终生成桥梁 BIM 模型。参数化建模流程见图 3。

2.2.1 数据准备

(1) 结构拆分:按照桥梁结构各部件空间位置及相互间的逻辑关系拆分为:主梁、横隔板、桥台、桥墩、桥面铺装、防撞护栏、支座等,并确定各个部件空间位置与桥梁线路的相互关系。

(2) 建立参数化族:根据设计图纸,对步骤(1)中所拆分出的各个部件的结构形式及几何尺寸进行分析,确定哪些尺寸为变量,根据各变量间的相关关系建立各部件的参数化族文件并提取参数数据。

(3) 提取桥梁线路数据:根据设计图纸,提取确定桥梁空间位置的基础线路数据并存入 Excel 文件中,对于该桥,提取的数据为桥梁左右边线在桥梁起止线以及桥墩中线位置处的坐标。

2.2.2 建立主梁模型

(1) 通过 Dynamo 中“Excel. Read From File”节点读取桥梁线路数据,根据数据生成空间点并且相应连线。

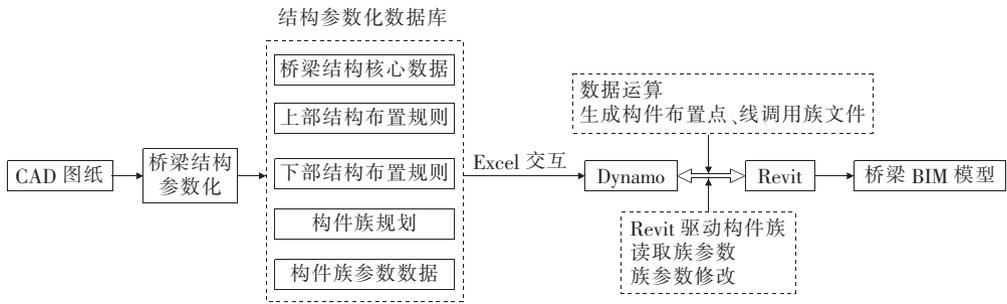


图3 参数化建模流程

(2) 建立各主梁纵向轴线:根据主梁横向布置数据计算横向每片主梁轴线间距,然后利用“Curve.PointAtSegmentLength”按照距离对上一步所建立的横向连线进行分割并在对应位置创建节点,最后连接节点生成各主梁纵向轴线。

(3) 建立主梁模型:根据上一步所建立的主梁纵向轴线,通过“StructuralFraming.BeamByCurve”节点将所建立的参数化主梁按照轴线进行布置,并通过“Element.SetParameterByName”节点修改相应参数,生成主梁模型。

2.2.3 建立桥梁结构模型

采用与建立主梁模型类似的方法通过与上部结构的位置关系计算桥面铺装、横隔板以及下部结构的轴线位置,然后利用Dynamo与Revit交互驱动相应的参数化族文件完成整个桥梁结构其余部分的建立,建成后的桥梁结构如图4所示。

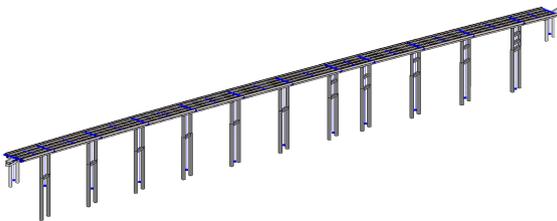


图4 桥梁结构模型

2.2.4 下部结构参数修正

(1) 下部结构角度修正:由于桥梁墩台为径向布置,所以图4模型中下部结构角度需修正。首先通过“LineDirection”、“Vector.XAxis”、“Vector.AngleWithVector”等节点获取各跨主梁轴线与其法线间夹角向量,并通过向量的“+、-”运算提取各墩台横截面旋转角度参数值,利用“Element.SetParameterByName”将该参数值替换为与法线间夹角即可实现桥梁墩台角度的批量修正。

(2) 下部结构几何参数修正:中下部结构族文件

是通过批量驱动族文件生成,因此各桥台、桥墩的桩基长度、墩柱直径、墩柱高度、系梁位置及尺寸等参数也需进行修正。由于下部结构数量较多,且各结构几何参数均不同,为简化代码,采用Python语言编制了自定义“批量更换桥墩族参数”节点,通过定义循环获取各下部结构参数并根据族参数数据实现下部结构的批量修改。

3 加固桥梁参数化编程建模

3.1 加固概况

采用粘贴钢板法对该桥第4、5跨主梁进行抗剪及抗弯加固:在箱梁底板粘贴两条宽度为30 cm、厚度6 mm钢板,钢板端部距离梁端50 cm;在箱梁斜腹板每侧粘贴8条150 cm×5 cm×0.6 cm钢板,钢板条间距为50 cm,距梁端106 cm。桥梁加固整体布置见图5。

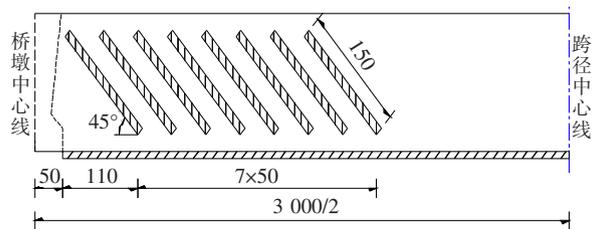


图5 加固整体布置图(单位:cm)

3.2 参数化建模方案

桥梁加固模型的参数化建模思路与桥梁模型的建立基本一致,均采用获取构件轴线→驱动Revit族文件→按照轴线建立构件→修改构件参数的建模思路。该文后续仅针对加固模型参数化建模的关键技术进行论述,其余类似部分可参考前文相关内容。

3.2.1 建立参数化桥梁加固族

首先对外贴钢板结构特征进行分析:①外贴钢板通过粘贴起点和终点确定钢板构件的长度以及方向;②外贴钢板厚度、宽度、螺栓孔径等几何信息应进行

参数化;③ 螺栓孔的布置存在规律性,除两端外其余部分一般按照梅花形布置,且螺栓孔的间距应根据钢板长度和宽度的不同进行自适应调整。

基于以上特征,采用框架梁样板文件为基础创建外贴钢板,将钢板厚度、宽度以及螺栓孔径设置为可变参数,螺栓孔的自适应变化通过将所有螺栓孔设置为阵列元素,利用阵列总长度与钢板长度和宽度的参数关联实现。

3.2.2 外贴钢板布置

要建立外贴钢板加固模型,首先需要获取外贴钢板轴线位置,对于该桥来说,由于桥梁位于空间曲线上,且腹板为斜腹板,若采用与桥梁轴线空间位置关系计算外贴钢板位置的方法则太过繁琐,增加代码数量且容易出现错误。考虑到外贴钢板均位于混凝土表面,因此采用基于结构面的方法建立外贴钢板轴线,首先在世界坐标系中根据钢板布置规则建立各钢板轴线,然后通过 Dynamo 中“Select Face”节点选取待粘贴钢板的混凝土表面(梁底或腹板),以该表面所在平面建立新坐标系,将所建立的钢板轴线通过“Geometry. Transform”转换至新坐标系下。确定出轴线后,通过“StructuralFraming. BeamByCurve”驱动 Revit 族文件即可建立相应的外贴钢板模型。

3.2.3 锚固螺栓布置

外贴钢板需布置大量锚栓,如手动逐个放置则工作量太大,采用相应 Dynamo 代码的编制思路如下:首先通过“Select Face”选择需要布置锚固螺栓的钢板表面,然后通过“Surface. Perimeter Curves”对所选择的表面进行拓扑运算,析出该表面所包含的各条曲线,通过“Curve. StartPoint/EndPoint”提取各条曲线的起终点,利用“Equals”节点进行布尔运算,判断两端点坐标是否相同,由于钢板表面有螺栓孔的存在,因此两端点坐标一致的线即是螺栓孔边缘所形成的圆曲线。利用“Surface. ByPatch”以此圆曲线建立一个圆形平面,分别采用“Surface. PointAtParameter”、“Surface. NormalAtPoint”、“Line. ByStartPointDirectionLength”3个节点获取平面形心以及垂直于平面的法线向量,根据锚固螺栓长度以形心为起点沿法线方向建立锚固螺栓轴线,然后驱动相应的锚固螺栓族文件即可实现锚固螺栓模型的批量建立。

3.2.4 结合地形形成桥梁加固模型

将建成后的桥梁加固模型以及地形、地貌信息导入 Infracore 软件,该软件是一款面向基础设施的设计软件,能够在真实环境中开展基础设施项目工作。利用 Infracore 将地形与桥梁模型结合的流程为: BIM 模型基点坐标换算→地形信息导入及配置→地面图像导入及配置→BIM 模型格式转换→BIM 模型导入及配置。

4 结语

采用“Dynamo+Revit”开发模式对装配式梁桥的参数化建模方法进行了梳理,在此基础上,以粘贴钢板法加固为例,对建立加固模型的关键技术进行了详细分析和论述,并开发了相应的 Dynamo 代码。实践表明:采用 Dynamo 并配合参数化族的应用能够实现桥梁模型及其加固模型的高效建立及修改,大大节省了建模所需的人力、物力,在一定程度上能够解决 BIM 技术应用于既有桥梁运营维护阶段时面临的桥梁模型来源问题。

随着 BIM 技术的不断发展和深入应用,基于“Dynamo+Revit”的开发模式在建筑以外的其他专业中必将发挥越来越重要的作用,需要从业人员的共同努力不断将其完善,以适应各专业的不同需求。

参考文献:

- [1] 王学峰,赵永锋,等. BIM 技术在霍永高速公路芝河大桥施工管理中的应用[J]. 中外公路,2018(3).
- [2] 蒋赣猷,罗伟,孙辉,等. BIM 技术在特大钢管拱桥施工中的应用[J]. 中外公路,2019(4).
- [3] 孙辉,李雍友,程振庭,等. 基于 CATIA-BIM 的钢结构加工技术在桥梁工程中的应用[J]. 中外公路,2019(1).
- [4] 董耀文,王显臣,张胜超. 乐清湾大桥基于 Revit 软件的桥梁 BIM 模型参数化设计初探[J]. 公路,2016(9).
- [5] 潘永杰,苏永华,魏乾坤,等. BIM 技术在铁路 40 m 简支梁设计中的应用[J]. 铁道建筑,2019(1).
- [6] 王维轩,周东明. 基于 Revit 平台二次开发模式的研究[J]. 土木建筑工程信息技术,2019(1).
- [7] 吴生海,刘陕南,刘永晓,等. 基于 Dynamo 可视化编程建模的 BIM 技术应用与分析[J]. 工业建筑,2018(2).