

Dynamo 在桥梁 BIM 建模中的应用

仇朝珍¹, 贺波², 葛胜锦²

(1.青海交通职业技术学院, 青海 西宁 810000; 2.中交柏嘉工程技术研究院有限公司)

摘要:以 Revit、Civil3D 为代表的 A 系列软件广泛应用于房建项目的 BIM 建模,随着交通建设领域 BIM 应用的崛起,A 系列软件显示出了其在线形处理及异形构件建模方面的弊端。Dynamo 的出现极大地提高了交通领域 A 系列软件 BIM 建模应用的效率。目前,中国国内 Dynamo 应用仍处于初级水平,相关参照文档、手册以英文居多,给 BIM 从业人员带来不小困难。该文将探讨 Dynamo 在桥梁快速建模及连续刚构、弯桥等桥梁方面的应用。

关键词:BIM 建模; Dynamo; 参数化; 桥梁

目前,BIM 技术在交通建设领域的应用尚处于初级阶段,其主要建模工具依赖国外 BIM 软件,建模功能尚不完备,如何利用有限的功能实现复杂交通结构物的建模是 BIM 技术人员急需解决的问题。

1 BIM 应用软件概况

CAD 时代,专业绘图软件的使用大大提高了工程师的绘图速度,使设计单位的生产效率得到了质的飞跃。而 BIM 时代的主要任务是颠覆传统的设计思路,完成工程项目在全生命周期内的数字化、智能化和信息化建设,因此一款好的软件解决方案必不可少。

目前,中国国内主流的 BIM 软件包括以 Revit 为代表的 A 平台软件;以 Openroads 为代表的 B 平台软件;以 Catia 为代表的 C 平台软件等。

各类软件都有各自的优势,也存在相应不足,为工程技术人员带来了很多困扰。

交通建设项目具有里程长、线形复杂、模型体量大等特点,现阶段任何一款软件在处理这些问题时都面临巨大挑战。Bentley 系列软件在解决交通领域 BIM 模型有关问题方面有天然优势,但其在大陆的普及率较低,且学习、应用门槛较高,掌握其应用的技术人员仍在少数;欧特克公司的 BIM 系列软件在房建应用领域具有入门迅速、操作简单方便等优势,且市场普及率较高,但处理桥梁建模方面仍存在很多问题;而 CATIA 系列软件更适用于钢结构等复杂结构的设计,应用领域受局限。

在交通建设领域,中国国内大多数 BIM 工程师采用 A 系列软件建模,随着工程项目的增多及应用的深化,Revit 应用的局限性愈发凸显,复杂线形、异形曲面、长大桥梁的建模工作存在建模难、效率低等特点与不足,而 Dynamo 的出现,完美地解决了这一难题。

2 Dynamo for Revit 简介

Dynamo 是 Revit 中的一个插件,通过可视化编程的方式,使用户实现个性的建模功能。目前,Dynamo 已广泛应用于交通、水利等结构物的建模。

Revit 中的图形数据、信息可以通过 Dynamo 在多款软件中交互(CSV、XLS、SAT、DWG、RHINO 等),适应各类使用人员的专业需求。在桥梁建模方面,Dynamo 可实现的功能主要包括:数据批量处理、异形结构创建、快速放置族构件等。

2.1 模型结构

Revit 的模型结构主要分为 4 个层级,即[Category]、[Family]、[Type]、[Instance]。

[Category]类别是最高级别的类型,例如结构柱、墙、空间等。

[Family]族代表类别的类,是根据参数集的共用、图形的相似对图元分组的大类。例如桥墩的类别下,有双柱墩、三柱墩、花瓶墩等不同的族。

[Type]族类别是根据规格、尺寸等对图元的分组,是族的分类。例如矩形结构族,又可细分界面为 500 mm×500 mm 的族类型以及界面为 450 mm×

550 mm 的族类型等。

[Instance]图元是 Revit 建模过程中最小的单元。

2.2 Dynamo 常用节点介绍

按功能分类,Dynamo 节点可分为 5 大类:设计输入、数据处理、数据输出、几何体处理、Revit 相关操作。

(1) 设计输入:主要包括任何作为设计条件的数据、构件的节点。例如 ImportExport 下的节点、Input 下的节点。

(2) 数据处理:主要包括所有对数据(列表)相关操作的节点。例如 List 下的节点、Math 下的节点。

(3) 数据输出:主要包括用于将数据导出到外部环境节点。

(4) 几何体处理:主要包括任何对点、线、面、体进行生成和处理的节点。如 Geometry 下的大部分节点。

(5) Revit 相关操作:主要包括任何对 Revit 构件进行生成和操作的节点。如 Revit 下的大部分节点。

2.3 Dynamo for Revit 节点

在 Dynamo 的节点库中,有一个叫做“Revit”的专门节点分类,其包含了一系列用于选择、创建、编辑、查询 Revit 图元的节点,可以帮助用户大幅降低重复性作业、提高建模效率及精度、创建异形构件、辅助快速出图,实现 Revit 本身无法实现的功能。

以下几个节点为 Dynamo 与 Revit 交互的常用节点,仅供示例参考。

(1) 节点组合:Selection.Select Edgs(Face、Model)+Family.Types+数据处理+ImportInstance.By-Geometries。

节点释义:Selection 节点用于连接 Revit 中的点、线、面、体模型,Family.Type 用于族的选取,Import-Instance 用于载入族。

(2) 节点组合:Data.ImportExcel+数据处理+Family.Types+几何体处理。

节点释义:在 Dynamo 中,用 Data 节点读取 Excel 文件,用 Revit 节点选取族,根据表格数据对族赋值。

(3) 节点组合:All Elements In Active View+图元筛选+数据处理+布尔运算+字符串处理+Family Type+导入 Revit。

节点释义:在 Dynamo 中,选取所有图元,对图元进行筛选,处理筛选出的图元数据整理出需要的数据(循环、排列用 Python 脚本),得到数据后进行条件选择并拍平成表,将表格中的数据转换为字符串,对字符串批量处理得到族所需要的参数值,选择对应的族进

行操作,最后将结果导入到 Revit 中。

2.4 Python 脚本

Python Script 可以认为是 Dynamo 中一个带有 Python 编程语言的节点,技术人员可根据此节点编写 Python 程序,同时也可以调取 Revit 的 API,可解决数据处理节点不完善、逻辑判断、循环嵌套等复杂程序,定制自己所需要的功能,极大地提高了 Dynamo 的应用范围。

2.5 应用优势

(1) 族构件的快速放置

Revit 传统的族构件放置采用建立标高确定高程、轴网确定平面位置的方式,需确定放置点后,手工进行放置,效率极低;采用 Dynamo 程序的方式,只需将族的高程信息、坐标信息、族参数信息、偏转角度等关键参数以统一格式通过 Excel 表格存储,然后通过 Dynamo 程序读取该表格数据自动放置,针对大型复杂项目,建模效率提高几十倍以上。

(2) 异形结构的创建

Revit 创建族的基本功能包括拉伸、融合、放样以及在此基础上的衍生功能,可以完成普通结构的建模,对于异形复杂结构如变截面梁、预应力齿块等则无法创建;采用 Dynamo+自适应族的方式,通过 Excel 数据控制自适应点放样轨迹,可快速实现异形结构的建模。

3 Dynamo 在桥梁建模中的应用

3.1 “积木法”快速建模

通过 Dynamo 编程控制,可以自动将桥梁构件(族)快速准确地放置到正确的位置,快速完成桥梁结构的拼接。具体实施思路如下:

(1) 数据处理。利用 Civil3d 软件可生成道路的平曲线、纵断面设计线,根据图纸中的《直曲转角表》、《纵断设计表》等文件,可生成项目的平纵设计图。依据 Civil3d 提供的数据输出工具,可提取桩号的坐标、高程、方位角等基础数据,并导出 CSV 格式的表格。

(2) 参数化建族。充分利用 Revit 强大的族功能,构建不同类型的梁体、承台、桥墩、桩基、护栏、标线、照明装置、管道等构件参数化的 BIM 族库。利用族的参数变化可实现“一次制作,永久使用”,极大地减轻了建模的工作量。

(3) Dynamo for Revit。利用 Dynamo 建模代码块可实现 Revit 族的批量快速放置。根据提取的路线

桩号位置信息和设置构件参数来自动放置各种构件,通过设置桥梁构件的参数、位置、高程、角度等,可实现快速精确BIM建模。

3.2 连续刚构桥

连续刚构桥的墩身与主梁固结,在建模过程中,主要考虑两方面内容:①快速准确建模,使模型与实际项目一致;②按照工序工法对模型进行拆分,符合施工实际。

3.2.1 快速建模思路

上部结构采用Revit建族、Dynamo布设、Excel数据处理进行建模。下部结构采用Revit建族、Dynamo布设进行建模。

采用放样融合的逻辑进行上部结构建模。一个准确的模型需要两个元素:准确的中心线与准确的截面轮廓。为提高建模效率,考虑建立全参数化的轮廓族,参数化主要位置包括:箱梁高、腹板厚度、顶底板厚度、倒角、翼缘尺寸等。

相关参数通过Excel处理,可以根据箱梁底板下缘曲线方程或箱梁底板上缘曲线抛物线方程来计算各个截面的参数。

得到参数化轮廓和与之对应的参数,建模思路就非常清晰了:Revit中创建轮廓族—Excel中录入参数数据—Dynamo中创建项目中心线、确定关键点桩号、桩号处向梁中心线偏移、中心线上的点在Z轴上加坡度、根据关键点将轮廓族放入、根据Excel数据给各轮廓族赋值、按照桥梁中心线和各截面依次放样得出桥梁上部结构。

下部结构建模,根据项目下部结构类型,在Revit中通过拉伸、放样、放样融合等手段将一个类型的下部结构建立成为族,然后利用Dynamo程序将下部结构族放置到正确的位置上。

3.2.2 模型分块

根据设计资料获取对模型分块的桩号值,并在这些桩号点处放置垂直于该桩号点切向量的面,实现 n 个面分割出 $n+1$ 个构件。但Dynamo自带的Split节点只能进行一次切割,缺乏循环切割的功能,因此考虑创建一个满足循环切割功能的节点。

通过Dynamo内置Python节点的编程功能,可实现循环功能。

根据Python节点创建的循环功能,可利用 n 个截面分割出 $n+1$ 个构件,即可实现模型的分块。将分割的构件导入Revit即可获得准确的构件BIM模型,通过与设计图纸的比较,工程量几乎无差别。

3.3 弯桥

弯桥在建模过程中往往采用“以折代曲”的方式,不仅可以避免大量的异形板,还可以减少设计工作量,并降低桥梁的施工难度。

基本思路:将曲线段内桥梁的主梁近似为直线,计算内外边线的差值,同时确定主梁数量与间隔。当跨径、曲线半径都较小时,可以通过调整边梁的悬臂长度进行弯曲设计。

该文通过两种常用的方法,即扇形布设法与平行布设法进行阐述。

3.3.1 墩台扇形布设法

在墩台扇形布设法中,各墩台与路线中心线的夹角相同,但同一跨的主梁长度由内向外逐渐变长。

该方法对于上部结构的设计工作量相对较大,不能直接套用已设计完成的标准板。且不适用于曲线半径较大、桥宽较小的弯桥,可通过调整主梁的封端长度来控制桥梁的总长。

首先根据桥梁中心线、边线等设计资料,确定分孔线桩号等信息,然后输入主梁数量、间距等参数后自动排梁,得出主梁定位点等设计信息。

T梁定位点数据包括T梁中心线起点、终点的坐标值、高程信息。

(1) 边梁弧度控制

通过T边梁悬臂端距T梁中线的距离,控制T梁翼缘的内外弧度。内外弧度的控制可采用“以折代曲”的思路对T梁进行横向分割,分割面设置越多,T梁内外边线越接近弧形,理论上可以无限接近弧形。具体分割段应根据梁长、弧度等综合确定。

(2) 高程控制

根据桩号处的已知高程以及超高或横坡率,采用三角函数确定各定位点相对于桩号点的相对高程,从而确定各定位点的高程。

(3) T梁建族

将主梁定位点坐标、尺寸数据、高程等关键参数信息存储于Excel中,利用这些设计数据,用轮廓族自适应的方式即可完成T梁建族。

完成T梁建族后,通过自适应族放置功能,即可实现T梁快速自动排布。并计算出首尾夹角,设定伸缩缝宽度,并将这些参数输入到T梁族中。

(4) 湿接缝、横隔板设计

完成主梁排布后,需进行横隔板、湿接缝设计。一般来说,根据标准图集建立横隔板模型,然后确定定位点,最后用Dynamo程序完成横隔板的自动布设。

对于湿接缝,可通过程序自动计算两片主梁的间距,该间距即为湿接缝的宽度,确定定位点后,利用 Dynamo 程序完成湿接缝的布置。

3.3.2 墩台平行布设法

建模思路:墩台交角与路线中心线不等,曲线段内各墩互相平行布置。

在该建模思路下,可以大幅减少主梁设计的工作量,甚至直接套用标准梁的尺寸。

但是,在桥跨较多的情况下,可能出现桥墩、桥台中心线与线路中心线夹角变小,导致墩台间净距减小,桥墩数量增多,影响工程造价和桥下空间的利用,因此,该方法只适用于曲率半径较大的桥型。

3.4 异形构件

3.4.1 预应力齿块

预应力齿块一般作为预应力钢筋锚固用,其形状较为复杂,一般根据桥梁箱式的形状、尺寸而变化,五面体结构居多。

因上述原因,由于齿块形状随箱室内壁调整,用传统建模方法建模较为困难,在一个项目中齿块类型一般有十几种,有些大型项目甚至达到几十种,其布置工作量巨大,且手工在 Revit 中布置的精度也较低,因此该文运用 Revit 建模+Dynamo 赋值及布置+Excel 导入数据的形式进行布置。

建模思路:根据齿块类型在 Revit 自适应族中建立参数化模型,该文根据贵州某连续刚构桥数据作为演示。在 Excel 中对齿块参数进行统计,然后根据 Dynamo 中 Revit.Select Edges 节点分别拾取箱室中对应的布置边(左下、右下、左上、右上),在 Excel 中算出布置齿块的自适应点 1,再拾取线上的 Parameter,并推出自适应点 2 的 Parameter,根据点的位置在 Dynamo 中放置相对应的齿块,放置完成后依次进行齿块参数的赋予,赋参数时运用到 Script.Python Script 节点编程循环放置小程序。

3.4.2 横隔板

横隔板一般随梁的位置变化而变化,所以横隔板的形状多为异形,在建模时如用传统 Revit 建模方法在模型尺寸和放置中难免会有误差且横隔板在项目

数量较多,单个放置工作量巨大,拟结合 Dynamo 建模技术解决上述问题。

建模思路:根据项目横隔板类型在 Revit 中建立横隔板自适应族,在 Dynamo 中找到需布置横隔板的桥梁中心线,在中心线上找到梁起终点位置,以中心线上的点根据 Excel 表格进行偏移,找到各梁的起终点,在 Excel 中算出每片梁间横隔板的位置,在 Excel 中计算出各横隔板的参数,用 Dynamo 放置横隔板,用 Dynamo 赋予各横隔板参数值。

4 存在的问题及建议

通过 Dynamo 的应用,极大地提高了 A 系列软件的建模效率,根据不同的算法,也可画出更复杂的异形模型,如拱桥、斜拉桥的异形构件等。虽然可视化的编程极大地降低了操作门槛,但对于大多数工程技术人员来讲,算法编程仍是难点,Python 基础语言的学习需要从零开始。

目前,行业熟练掌握 Dynamo 操作的技术人员仍不多,面对巨大的市场需求及未来的发展趋势,工程技术人员有必要不断学习 Dynamo 的应用及相关编程知识,提高建模效率。

5 结语

Dynamo 以其独特的编程优势,实现了通过 Revit 快速构建桥梁模型的方法,提高了 Revit 建模的效率与范围。该文通过对多种不同类型桥梁及构件建模方法的探讨,提供了桥梁构件的基本建模思路,可为广大 BIM 从业者提供思路与借鉴经验。

参考文献:

- [1] 何关培. BIM 总论[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.
- [2] 钱枫. 桥梁工程 BIM 技术应用研究[J]. 铁道标准设计, 2015(12).
- [3] 罗嘉祥, 宋珊, 田宏钧. Autodesk Revit 炼金术——Dynamo 基础实战教程[M]. 上海: 同济大学出版社, 2017.