

基于“Revit + Dynamo”模式的现浇连续梁桥设计建模

鲍大鑫 严心军 张涛

(中铁建工集团有限公司建筑工程研究院,北京 100160)

【摘要】现浇连续梁桥由于整体性好、适用性强、受力合理等优点,已成为被采用最广泛的桥型之一,同时,BIM技术在基础设施建设中的价值越来越举足轻重,但BIM技术在现浇连续梁桥的建模中仍存在很多困难。为解决现浇连续梁桥设计建模中,上部结构复杂、整体速度慢等困难,本文通过采集线路设计线数据、创建Revit参数化构件族、编制桥梁Excel构件参数表、编制Dynamo自动建模程序,提供了一套基于“Revit + Dynamo”模式的完整现浇连续梁桥设计建模方法,实现了空间异形的上部结构构件创建,以及下部结构的快速建模。大大提高了建模的精细化程度和效率^[1],为现浇连续梁桥建设的数据提取、数据分析提供更可靠的依据。

【关键词】现浇连续梁桥;设计建模;Revit;Dynamo

【中图分类号】TU17 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1674-7461(2020)05-0007-07

【DOI】10.16670/j.cnki.cn11-5823/tu.2020.05.02

引言

现浇连续梁桥是一种应用非常广泛的桥型^[2],其施工方法丰富且成熟,在桥梁的建设中占很高的比例,伴随着BIM技术在基础设施中体现出的数据价值,BIM技术及标准被不断融入和应用到现浇连续梁桥的建设中,而三维信息模型的建立是实施BIM技术的基础^[3],合格的现浇连续梁桥三维信息模型,对工程快速获取准确的工程量信息、桥跨结构空间坐标高程、模板工程配置尺寸参数,以及支架方案设计、受力计算、钢筋下料纠偏及指导等应用有着非常重要的意义,所以现浇连续梁桥的设计建模工作尤为重要。

1 传统现浇连续梁桥建模方式及其弊端

现浇连续梁桥传统建模方式采用Revit通用建模平台进行建模,其中上部结构参考CAD图创建断面轮廓,通过放样融合创建模型,该过程操作繁琐,流程复杂;下部结构基于CAD平面图辅助定位创建模型,手动逐步创建及参数调整,该过程耗时久

且出错率高。

传统建模方式实现过程中,由于现浇连续梁线路设计多样、桥梁箱式形式复杂、各地设计思想差异等原因,致使现浇连续梁桥的上部结构多为复杂的异形构件,从而导致模型建立困难,在空间几何形状及工程量上存在较大偏差,且很难表达复杂桥跨结构的空心舱室、齿块及槽口等结构;桥梁下部结构构件数量众多,在初次创建或者设计出现重大变更时,模型的建立或调整困难,且工作量巨大。由此可知,现浇连续梁桥的传统建模方式存在巨大的挑战。

2 “Revit + Dynamo”现浇连续梁桥建模方案

本文拟采用一套基于“Revit + Dynamo”模式的现浇连续梁桥设计建模的解决方案,Revit是一款通用建模平台,Dynamo则是可以在Revit上运行的可视化编程开源插件,“Revit + Dynamo”模式即是通过Revit和Dynamo相互协作、相互补充,共同完成参数化建模作业的工作模式。

利用Dynamo的基础节点和自定义节点,通过

拖拽、连接的方式自由组合节点,以“所见即所得”的形式完成程序设计,程序读取 Excel 数据进行分析,与 Revit 协作,最终实现现浇连续梁桥的自动建模。

基于该模式下,实现现浇连续梁桥的设计建模包含:线路设计线数据采集、Revit 参数化构件族创建、桥梁设计要素 Excel 表编制,以及 Dynamo 程序编制。

设计建模成果中,由 Dynamo 程序读取线路设计线数据生成设计线作为基准数据,再读取桥梁设计要素 Excel 表,由桩号、偏距、高程等信息计算出下部结构位置或上部结构轮廓位置,基于 Excel 表记录的编码信息及参数创建下部结构构件,或创建上部结构实体,并将其转化为含有编码信息及参数的 Revit 族构件。

基于该成果已实现现浇连续梁桥快速建模,轻松完成项目建模、项目后续变更的信息模型更新转换。

3 “Revit + Dynamo”现浇连续梁桥建模方案优势

与仅依靠 Revit 的传统模式相比,Dynamo 可以操控 Revit 的 API、驱动参数化构件、批量提取或修改构件数据,这是一种数据的更高级、高效的信息模型创建、修改和分析方式。

该模式下能生成空间异形构件,非常适合桥梁、隧道、异形标志建筑等复杂异形物的创建及建模信息模型参数化分析;其次,在 Dynamo 程序设计中能逐步推演完善现浇连续梁桥建模方案,以“所见即所得”的形式分析、设计各个环节的程序,实现了设计建模中每个阶段的可视化;再者,Dynamo 与 Excel 能进行很好的数据交互,将现浇连续梁桥设计建模中根据项目不同而改变的数据以一定格式存储在 Excel 表中,“Revit + Dynamo”模式下,通过导入不同的 Excel 外部数据即可实现拓印式的现浇连续梁桥建模,并且极大地缩减投入的人力物力和时间。

4 “Revit + Dynamo”模式下的现浇连续梁桥建模实例

4.1 某高速公路工程概况

某高速公路项目,与既有高速十字交叉互通,设计双向六车道,桥宽 34.5m,设计行车速度 120km/h。新建某枢纽互通式立交为十字全苜蓿叶立交互通,互通建成后为“半定向混合型”枢纽互通式立交,该立交分三层布设,互通式立交桥梁总计 25 座、桥梁总长为 7 614.74m。基础采用桩基础,上部结构形式为现浇箱梁及钢混叠合梁,共计桩基础 874 根,盖梁 369 个,墩台 385 个,现浇箱梁 177 跨。

4.2 线路设计线数据的采集

现浇连续梁桥的线路设计线数据采集,通过 Civil 3D 导出设计线数据,在 Revit 环境下,使用 Dynamo 读取设计数据生成 Dynamo 环境下的设计线,主要流程如图 1。

本实例通过 Civil 3D 以点报告形式导出设计线数据,主要含桩号、X 坐标、Y 坐标、Z 坐标信息,通过 Dynamo 程序创建设计线。

4.3 Revit 参数化构件族的创建

(1) 下部结构族

下部结构参数化构件族的创建主要包含墩台基础、桥墩、桥台及盖梁。

墩台基础,为桩基础、承台,基于“公制结构基础”族样板创建^[4],桥墩(柱式墩)、桥台及盖梁,基于“公制常规模型”族样板创建,花瓶墩基于“自适应公制常规模型”族样板创建^[5]。

下部结构族创建中,对结构尺寸进行参数化设计,设计的内容如表 1。

(2) 现浇连续梁轮廓族

现浇连续梁桥跨结构是在线路中断时跨越障碍的主要承载结构^[6],但也因形状复杂无法创建固定形式的结构族,创建现浇连续梁思路为创建不同类型的轮廓,后期根据每一联现浇连续梁的情况,

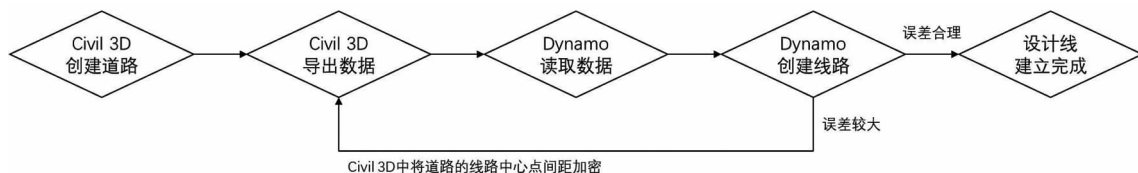


图 1 线路中心线创建流程

Station	X	Y	Z
2+00.00	0	0	32.626
2+08.90	-7.3412	5.0327	32.839
2+25.00	-20.3754	14.4809	33.226
2+50.00	-39.9681	30.0046	33.826
2+75.00	-58.7261	46.5272	34.426
2+78.26	-61.1056	48.7509	34.504
3+00.00	-76.5985	64.004	35.026
3+25.00	-93.5368	82.3875	35.626
3+47.61	-108.0148	99.755	36.168
3+50.00	-109.4952	101.6278	36.226

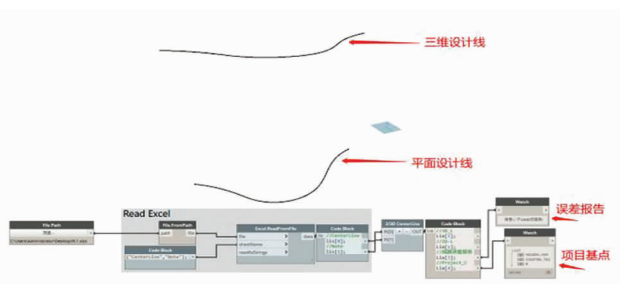


图2 由点报告生成设计线(左 点报告;右 Dynamo 设计线)



图3 桥墩、盖梁参数化族及不同参数下的形态(左桥墩,右盖梁)

表1 下部结构参数化设计表

下部结构族	参数化设计范围	参数设计数量	参数化设计实现功能
桩基础	桩基长度、桩基直径、斜交角、桩底高程、偏距	7 项	实现桩基础长度、直径、斜交角、高程、偏距调整
承台	承台长、宽、高度、承台底高程、斜交角、偏距	7 项	实现承台长、宽、高、斜交角、高程、偏距调整
花瓶墩	花瓶墩尺寸、墩高、流水槽有无及左右侧选择、双曲瓶颈曲率	21 项	实现花瓶墩基本尺寸设置、左右侧有无流水槽设置、双曲瓶颈曲率设置、墩高设置
圆柱墩	墩高、直径、墩底高程、斜交角、偏距	7 项	实现圆柱墩墩高、直径、墩底高程、斜交角、偏距的设置
桥台肋板	肋板底宽、肋板厚等基本尺寸、横坡值、斜交角、偏距	9 项	实现肋板基本尺寸设置、肋板底宽、厚度、横坡值、斜交角、偏距设置
盖梁	盖梁尺寸、交界墩、流水槽、横坡值、挡块、垫石数量、斜交角、偏距	107 项	实现基本尺寸设置、左右侧挡块有无设置及尺寸调整、较低一侧有无流水槽设置、连续/交界盖梁转换设置及两侧高度调整、两侧垫石数量设置、横坡值、斜交角、偏距设置
桥台	台帽、背墙、耳墙、牛腿等基本尺寸;起始型桥台、左右侧耳墙、挡块位置、垫石数量、斜交角、偏距	88 项	实现基本尺寸设置、左右侧耳墙有无设置及尺寸调整、垫石数量设置、整体横坡设置、起点桥台与终点桥台转换、斜交角、偏距设置等

进行轮廓的空间排布、尺寸驱动、形状组合、布尔运算及族转换。所以只需要定义多类轮廓,创建相应轮廓族。

以下基于“公制常规模型”族样板建立轮廓^[7],类型一为实心段外轮廓,类型二为矩形空心仓处轮廓(实心、空心交界处),类型三为八边形空心仓段轮廓:

轮廓族的线图元具有一定的 ID 顺序,并且整体族通过嵌套族的方式确保能调整整体尺寸、偏距设定和横坡调整等。

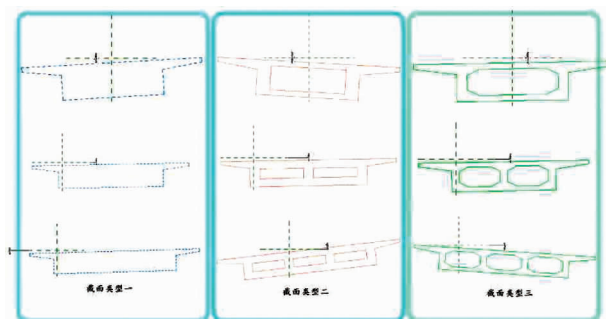


图4 桥跨结构轮廓族

(3) 桥梁支座

桥梁支座,基于“公制常规模型”族样板^[8],创建包含钢筋混凝土楔形调平块、梁底预埋钢板、支座,并设计支座高度、楔形调平块坡度参数。

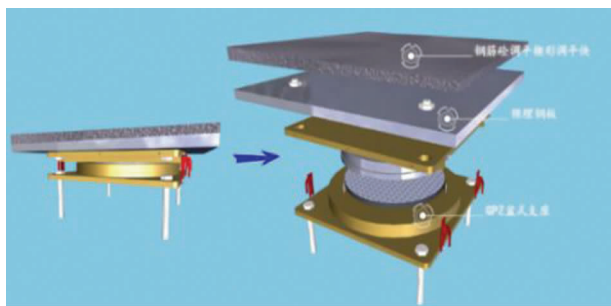


图5 Navisworks 环境下查看桥梁支座族

(4) 附属结构

桥面铺装、桥梁护栏、桥面标线,基于“公制常规模型”族样板^[9],创建桥梁铺装层、标线、护栏轮廓族,设计思路与桥跨结构轮廓族一致。

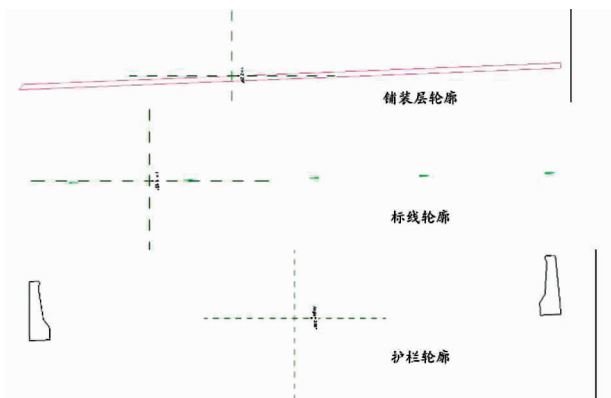


图6 桥面铺装层、标线和护栏轮廓族

4.4 桥梁 Excel 构件参数表的编制

(1) 桥梁下部结构 Excel 构件参数表

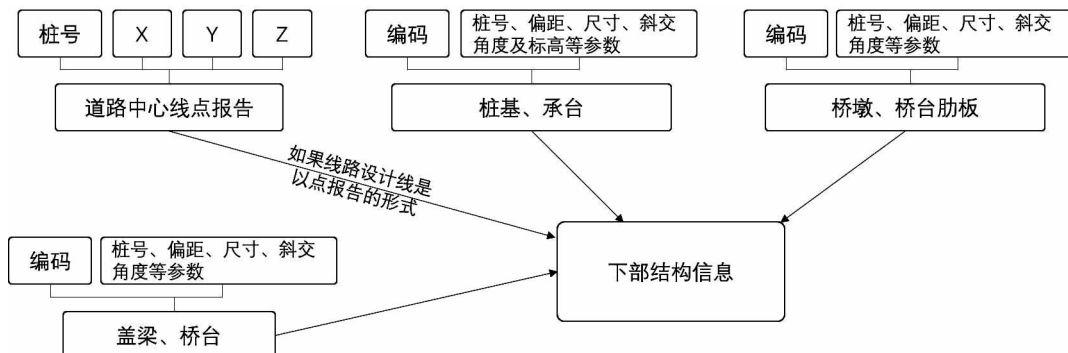


图7 下部结构 Excel 数据项

桥梁下部结构 Excel 构件参数表的主要内容

- 包括:
- 1) 桥梁设计线点报告(如果线路设计线是以点报告的形式);
 - 2) 桩基、承台所给定的桩号、偏距、尺寸、斜交角度及标高等信息;
 - 3) 桥墩和桥台肋板桩号、偏距、尺寸、斜交角度等参数;
 - 4) 盖梁桩号、偏距、尺寸、斜交角度等参数。

(2) 桥梁上部结构 Excel 构件参数表

桥梁上部结构 Excel 构件参数表的主要内容

- 包括:
- 1) 桥跨类型(截面类型分布、截面类型桩号差),及桥跨类型编码索引;
 - 2) 桥跨名称编码;
 - 3) 项目基点坐标、中心线差值坐标、断面尺寸数据等信息。

4.5 Dynamo 程序的编制

Dynamo 程序编制主要针对下部结构、桥跨结构、桥梁制作、附属结构。

通过 Dynamo 基础节点、Python 编写的自定义节点进行程序编制,根据 Revit 参数化构件族的参数设计、桥梁设计要素 Excel 表的内容,编制数据获取程序,然后编制数据分析程序以及模型创建及转化程序,并包装成 dyf(Dynamo 节点文件格式,下同)节点文件,形成技术方案,循环利用,主要内容如图 9。

下部结构创建结束(图 10);

上部结构创建结束(图 11);

桥面面层创建结束(图 12);

项目其余现浇连续梁桥段创建(图 13)。

Type	CSA	Family_Name	Project_Coordinate	Transform
F-225.2	-1.5	现浇梁-R1-1	481884.369	482774.664
Sb1	-1.5		3369706.782	3369790.706
Mz1	-1.5		0	460
Lf1	-1.5			

断面尺寸	ITB	FY	H	L1	L2	L3	L4	L5
A	0.45	4	1.6	1.75	0.6	3.3	0.6	1.75
A	0.45	4	1.6	1.75	0.6	3.3	0.6	1.75
A	0.2	4	1.6	1.75	0.6	3.3	0.6	1.75
B	0.2	4	1.6	1.75	0.6	3.3	0.6	1.75
C	0.2	4	1.6	1.75	0.4	3.7	0.4	1.75
C	0.2	4	1.6	1.75	0.4	3.7	0.4	1.75
B	0.2	4	1.6	1.75	0.6	3.3	0.6	1.75
B	0.2	4	1.6	1.75	0.6	3.3	0.6	1.75
C	0.2	4	1.6	1.75	0.4	3.7	0.4	1.75
C	0.2	4	1.6	1.75	0.4	3.7	0.4	1.75
B	0.2	4	1.6	1.75	0.6	3.3	0.6	1.75
B	0.2	4	1.6	1.75	0.6	3.3	0.6	1.75
C	0.2	4	1.6	1.75	0.598	3.302	0.6	1.75
C	0.2	4	1.6	1.75	0.598	3.302	0.6	1.75
C	0.2	4	1.6	1.75	0.4	3.7	0.4	1.75
C	0.2	4	1.6	1.75	0.4	3.7	0.4	1.75
B	0.2	4	1.6	1.75	0.6	3.3	0.6	1.75
B	0.2	4	1.6	1.75	0.6	3.3	0.6	1.75

桥跨类型名称索引、关键横坡值、族名称、项目基点坐标、中心线坐标差值

断面尺寸数据

图 8 桥跨结构 Excel 数据表

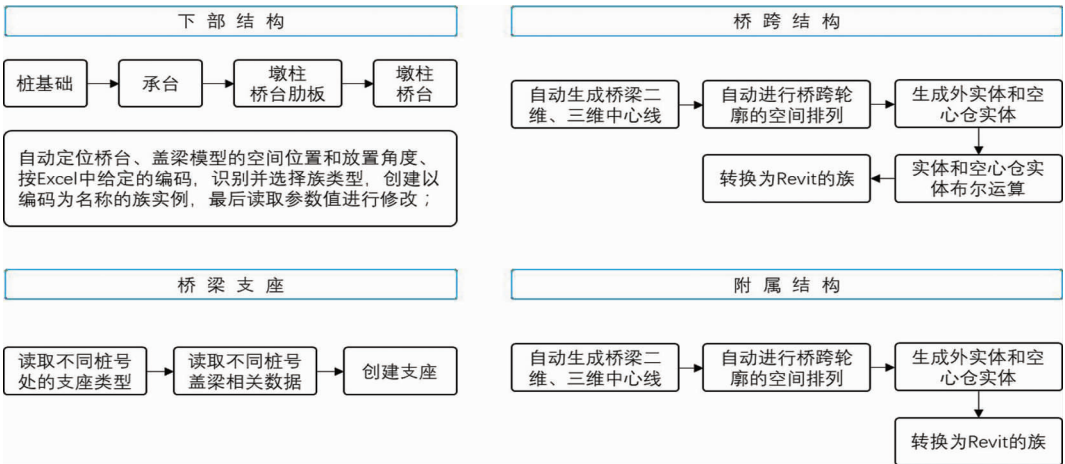


图 9 Dynamo 程序创建模型的内容

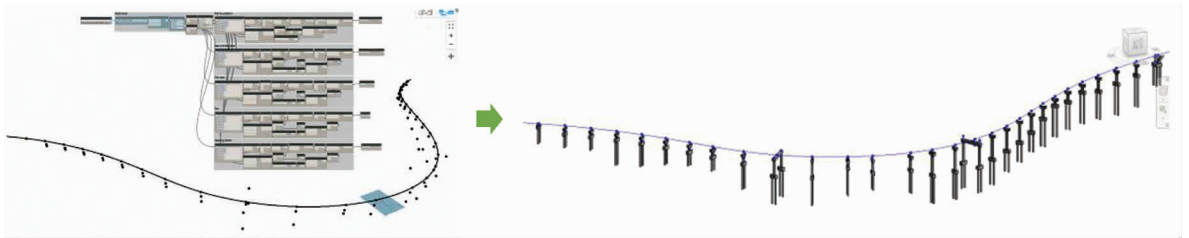


图 10 下部结构创建(左 Dynamo 程序,右 Revit 效果)

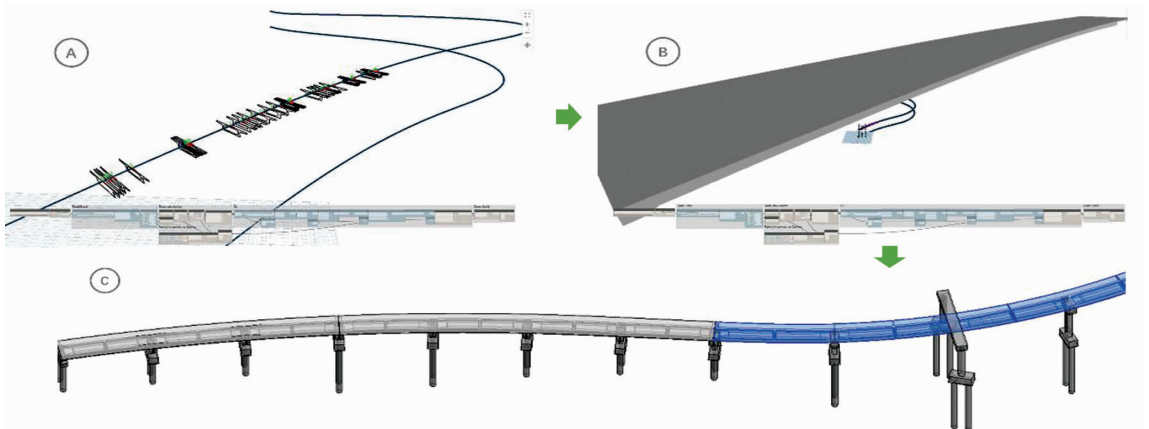


图 11 上部结构创建(A、B为 Dynamo 程序,C为 Revit 效果)

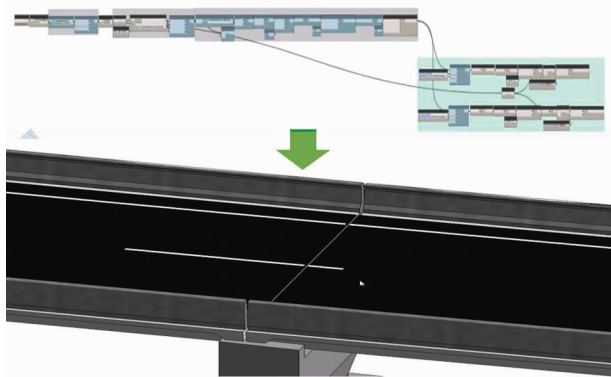


图12 桥面铺装和护栏创建(上 Dynamo 程序,下 Revit 效果)

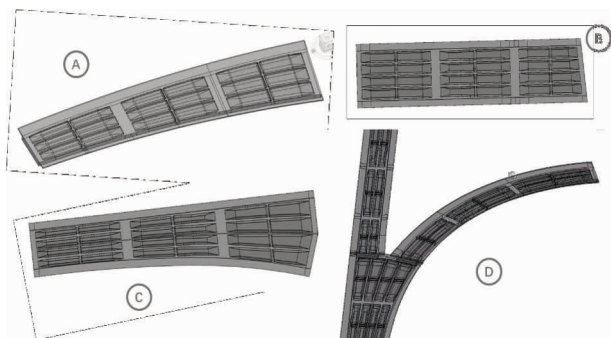


图13 一箱多室现浇连续梁

(A:一箱三室变宽段,B:一箱四室斜交段,
C:一箱四室分流段,D:分流鼻)

5 “Revit + Dynamo”模式的现浇连续梁桥建模方式与传统方式对比

5.1 对比工作开展

抽调公司6名熟练应用 Revit 软件的 BIM 工作者,从事 BIM 工作三年以上经历,有线路工程 BIM 工作经验,并且操作软件的应用水平相近。在6名 BIM 工作者熟悉项目情况以及素材文件(CAD 图纸、桥梁结构数据信息)之后,对6名 BIM 工作者进行单独隔离(除吃饭、睡觉时间),记录每位工作者

完各项建模工作消耗的时间。

本项目互通立交结构组成及工程量大致呈南北对称型,故将项目建模分为 A、B 两区,由3名 BIM 工作者进行 A 区现浇连续梁桥的传统方式建模,另外3名 BIM 工作者进行 B 区现浇连续梁桥的“Revit + Dynamo”模式建模。

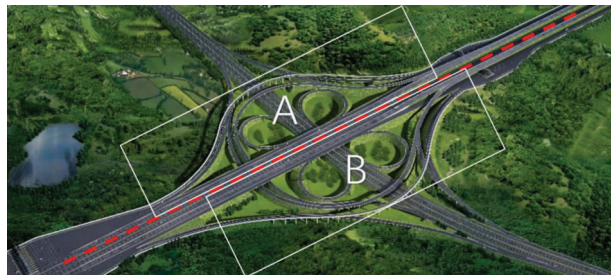


图14 项目互通立交结构图

最后在一台标准配置设备(BIM 建模作业中等配置)进行建模测试,记录消耗的时间。

5.2 对比工作结果

经对比测试,在项目有数据准备的前提下(即提供 CAD 线路设计图、桥梁族、桥梁设计数据),由经验丰富的 Revit 操作员对该桥梁正常操作建模的话,平均消耗时间为4~6个小时(仅创建下部结构,桥跨结构没有合适的解决途径),并且常常出现数据错误,如坐标高程错误、族参数设定错误等,而通过“Revit + Dynamo”模式下的程序进行模型数据修改、族实例放置在程序无误的情况下,可以保证模型达到很高的精度,并且速度占绝对优势,实际测试对比如表2。

6 结论

“Revit + Dynamo”模式在现浇连续梁桥的建模中,只需进行 Excel 表格数据的归纳整理,就可以批量生成基于同一设计线上任意里程段的桥梁模型,

表2 “Revit + Dynamo”模式与传统方式实施对比

现浇连续梁桥建模工作项目		传统模式 消耗时间	“Revit + Dynamo” 模式消耗时间	“Revit + Dynamo” 模式优势
工作项	工作量			
墩台基础	桩基 64 根,承台垫层 30 个,承台 30 个	1.2 小时	13s	节约 99.7% 时间
墩柱和桥台肋板	花瓶墩 27 个,圆柱墩 2 个,桥台肋板 1 个	0.9 小时	25s	节约 99.2% 时间
桥台和盖梁	桥台 2 座,盖梁 27 道	1.9 小时	29s	节约 99.6% 时间
桥梁支座	桥梁支座共 66 个	0.7 小时	14s	节约 99.4% 时间
桥跨结构	共 28 跨,8 联现浇梁	无法创建	41s	提供精、快、准生成途径
桥面铺装和护栏	共 8 联桥面铺装以及桥面护栏	无法创建	27s	提供精、快、准生成途径

通过编制的算法程序自动定位几何元素、参数化驱动以及构件的快速生成,实现了现浇连续梁桥模型的自动式创建。

该现浇连续梁桥设计建模成果已经历多个项目的实践完善,对施工工程量计算、预应力管道定位、钢筋下料指导、模板方案设计、支架方案设计,以及施工组织模拟等工作有着显著的作用,为 BIM 技术在现浇连续梁桥设计和施工生产方面的实施、应用提供非常可靠的基础保障。

相比传统建模方式,该模式免去传统复杂、枯燥、错误率高的工作内容。桥梁建模工作由程序完成,能保证模型的高精度,在速度上也占绝对优势,相对比熟练的 BIM 建模员工作效率,节约 99% 以上时间,这为桥梁模型提供了一套成熟可靠的新型建模方法,将显著提高 BIM 技术的应用价值^[10]。

参考文献

[1] 丁庆瑞. 基于 BIM 技术的工业建筑改造项目的应用研究[D]. 郑州大学, 2016: 77-77.

- [2] 王辉辉. 桥台—填土—结构相互作用对 RC 连续梁桥抗震性能的影响分析[J]. 世界地震工程. 2017, 33(2): 71-79.
- [3] 伏玉. BIM 技术在工业化生产方式的保障性住房建设中的应用与对策[D]. 长春工程学院, 2015.
- [4] 彭兴东. 基于 BIM 技术的桥梁工程建模方法研究[D]. 石家庄铁道大学, 2016.
- [5] 巴婧. BIM 技术在建筑构件化设计中的应用[D]. 天津大学, 2017.
- [6] 何凌宇. 对公路桥梁施工管理措施的几点思考[J]. 科技创新与应用, 2013(13): 169.
- [7] 智宏亮. 基于 BIM 技术的施工有轨运输窄轨道岔建模研究[D]. 石家庄铁道大学, 2017.
- [8] 王淘. 基于建筑信息模型(BIM)技术的密肋复合板结构应用研究[D]. 北京交通大学, 2017.
- [9] 刘慧. 基于 BIM 技术的可持续性建筑设计工作方式研究[D]. 南昌大学, 2017.
- [10] 宋楠楠. 基于 Revit 的 BIM 构件标准化关键技术研究[D]. 西安建筑科技大学, 2015.

Design and Modeling of Cast-in-Place Continuous Beam Bridge Based on Revit + Dynamo Mode

Bao Daxin, Yan Xinjun, Zhang Tao

(Research Institute of Architectural Engineering of China Railway Construction Engineering Group, Beijing 100160, China)

Abstract: Due to the advantages of good integrity, strong applicability and reasonable stress, the cast-in-place continuous beam bridge has become one of the most widely adopted bridge types. Meanwhile, BIM technologies play increasingly important role in the value of infrastructure construction, but there are still many difficulties during the modeling process of cast-in-place continuous beam bridge. To solve those problems during the process of cast-in-place continuous beam bridge design modeling, such as the slow speed and the complex of upper structure, this research collected the data from circuit design line, created the Revit parametric components, prepared a list of the bridge Excel component parameters and provided Dynamo automatic modeling program, which in overall has presented a set of complete solution based on the pattern of "Revit + Dynamo" cast-in-place continuous beam bridge design modeling method. It enables to model the complex upper part of the structural components, as well as enable the rapid modeling process of bottom structural components. It has greatly improved the degree of refinement and has improved the efficiencies of modeling, also it has provided a more reliable basis for data extraction and data analysis of cast-in-place continuous beam bridge construction.

Key Words: Cast-in-Place Continuous Beam Bridge; Process Modeling; Revit; Dynamo