

BIM 技术在桥梁设计阶段的应用研究

常 诚

(山西省交通规划勘察设计院有限公司,山西 太原 030006)

摘要:以 BIM 技术在某特大桥设计阶段的应用为例,提出了 BIM 模型的构建流程;探讨了 BIM 技术在景观设计、复杂构件精细化设计、工程量统计、碰撞检查、二维施工图纸创建、施工技术交底、施工组织设计、二维码生成和数据接口开发等方面的应用;并对 BIM 技术在桥梁全生命周期应用中遇到的问题提出了建议。

关键词:桥梁工程;设计阶段;BIM 技术

1 工程背景

某特大桥采用双塔双索面矮塔斜拉桥+预应力混凝土连续 T 梁组合结构体系,桥梁全长 1 316.08 m,桥平面位于直线段上,桥面标准宽度 28 m,横向布置为:1.0 m(拉索区)+2.5 m(人行道)+9.5 m(车行道)+2.0 m(中分带)+9.5 m(车行道)+2.5 m(人行道)+1.0 m(拉索区),双向四车道设计。主桥为双塔双索面 Y 形矮塔斜拉桥,跨径组合为两联 $2 \times (87 + 160 + 87) = 668$ m,下部结构采用薄壁 Y 形空心墩,柱式台和肋板台,墩台桩基均采用灌注桩基础。该大桥设计形式多样,造型较为复杂,施工难度大、工期紧、任务重,因此在桥梁设计阶段引入 BIM 技术,创建包含完整建筑工程信息的三维数字模型,强化前期决策的及时性和准确度,提高桥梁设计效率和质量,减少后续施工期间的沟通障碍和变更返工,保障建设周期,降低项目总投资。

2 设计阶段 BIM 模型建立

2.1 建立构件族库

针对桥梁特点,结合设计出图习惯和施工流程,进行构件划分和编码等前期准备工作。使用 Autodesk Revit 软件,通过构建合理的参数,对主梁各梁段、部分钢筋钢束、桥墩、桥台、附属结构等各构件进行精细化、参数化族库建立。建模过程中,借助于 dynamo 和

Revit 的开放接口 API,通过二次开发技术,对变高段梁端的 1.7 次抛物线等复杂弧线、主梁横隔板、箱梁 0# 块钢筋钢束、钢束竖弯和平弯、桥墩箱室倒角等复杂因素均进行了精确构建。

2.2 构件组装

结合桥梁路线设计信息,将桥梁所有构件族名称和参数在 Excel 中填写完善,通过 dynamo 二次开发技术,读取并自动完成全桥构件组装。

2.3 信息完善

根据要求,结合《公路工程信息模型设计应用标准(征求意见稿)》等标准,在 BIM 模型中完成结构形式、材料信息、施工工法和耐久性要求等信息的输入。

3 BIM 应用探索

基于桥梁 BIM 模型,该文结合实际项目需求进行进一步应用探索。

3.1 景观设计

桥梁地处生态综合治理工程景区中,建设方对桥梁的景观要求较为重视。设计过程中,结合桥位处河谷地形、地貌和周边景观,通过调整 Revit 软件建立的全桥模型参数(如主桥、引桥各部分跨径、与桥梁索塔塔形、上下分割比例、塔柱断面等),进行桥梁造型、景观与周边环境的协调设计,并通过全桥漫游和效果图渲染等手段,实现无差别地与建设方沟通,快速直观地表现出景观与工程本身的整体协调性。最终通过 BIM 模型渲染的桥梁效果图见图 1。



图 1 BIM 模型渲染的桥梁效果图

3.2 深化设计

桥梁主桥部分造型较为复杂,传统的二维手段较难解决,通过 BIM 技术对桥梁进行了以下几方面的深化设计。

3.2.1 复杂构件精细化设计

传统二维设计中,由于无法考虑桥梁纵坡等三维空间因素,主梁拉索锚固面难以精细化设计,部分细部尺寸通常由施工单位现场确定。通过 BIM 技术,根据拉索在空间的角度和箱梁纵坡等因素,精确考虑其复杂的空间三维位置关系,确定锚固面的精确尺寸,并自动计算拉索长度,实现了精细化设计的同时,提高了设计效率。

3.2.2 工程量统计

BIM 技术可简便快捷地从模型里读取工程量,且基于实际三维模型的工程量更为准确。相比传统二维手段,通过 BIM 模型计算出的全桥混凝土工程量优化约 1.05%,0# 块钢筋工程量优化约 6.53%。

3.2.3 碰撞检查

在传统二维设计中,图纸分别绘制,不能全面反映构件之间的碰撞可能,而在施工现场才会出现的碰撞问题,会严重耗费设计人员和施工管理人员时间和精力,影响工程进度和质量。主梁 0# 块钢束设计较为复杂,在横桥向、顺桥向和竖向均有钢束,传统的二维设计难以准确直观地表现其空间相对位置关系,为避免施工过程中才能发现的空间位置冲突现象,通过 BIM 技术对其进行三维精确建模,并进行碰撞检查。

《公路工程质量检验评定标准》中提出,桥梁主梁预应力管道的梁高和梁宽方向坐标、间距的允许偏差均为 0.01 m,因此,以 0.01 m 碰撞间距,在 Autodesk Navisworks 软件中对主梁 0# 块钢束进行碰撞检查,结果显示有 6 处存在碰撞,设计人员对此进行了及时调整,提高了项目设计品质。

3.3 二维施工图纸创建

桥梁在设计过程中的计算较为复杂,对构件的细部尺寸修改也较为频繁,且现阶段对于复杂构件也缺

少专门的绘图软件。传统二维设计在设计时每一个视图都需要手动绘制,相类似的剖面也需要复制已有的二维图进行修改,造成工作量大、重复和效率低下。设计过程中,通过复杂构件的 BIM 模型,可直接生成三维视图、立面图、平面图和多个剖视图等,并辅以标注和附注添加等工作,完成相应的施工图图纸创建,这种图纸创建方式主要有以下优点:① 可保证出图的准确性和质量。通过三维模型三维投影出图,减少了传统的人工出图可能出现的缺漏错现象,另外还可考虑到箱梁纵坡等因素,相比传统的二维图更准确;② 可提高出图效率。通过 BIM 技术生成的工程图是与三维模型相关联的,只要三维模型发生变更,相应部位的所有工程图都随之改变,可大大降低工作量,提高设计效率,节约设计成本;③ 出图更灵活。通过对 BIM 模型进行任意角度剖切,并辅以标注和附注添加等,可生成各种图纸,满足业主和施工单位多种出图要求。

通过 BIM 模型生成的桥梁箱梁 0# 块一般构造图见图 2。

3.4 施工技术交底

通过在 Navisworks 软件中对模型进行轻量化处理,并提供足够的封装性,设置密码和有效期等,供施工单位直接查看模型和信息,辅助施工技术交底。

桥梁主梁 0# 块钢筋有近百种,钢筋根数更是多达上万根,构造极其复杂,在 Navisworks 软件中对其进行分解,制作视频,辅助施工,并根据模型提供的信息数据,指导钢筋下料,提高钢筋安装合格率,减少钢筋的下料误差,减少返工、浪费现象,节约施工成本。

3.5 施工组织设计

在 Navisworks 软件中,通过将 BIM 模型和 Microsoft Project 编制的进度计划相结合,对桥梁进行施工组织设计,可使管理人员直观快速地了解项目实际进展,寻找制约进度的关键点,评估工艺流程、资源配置,虚拟推演施工方案,动态检查方案可行性及存在的问题,优化调整施工装备、工艺等,从而提高施工效率、缩短工期。并以动画的方式直观地进行工期工序成本等模拟,有利于建设方整体把握。

3.6 二次开发应用

在 Revit 软件中,通过二次开发实现了构件的快速分割,根据施工单位提供的桥墩浇筑节段大小,将设计模型中的整体桥墩分割成相应的节段,利于桥梁施工阶段应用;此外,通过二次开发实现了构件的二维码直接生成技术,二维码生成过程中,可选择性地指定生成二维码的构件参数,施工人员在施工现场可直接扫

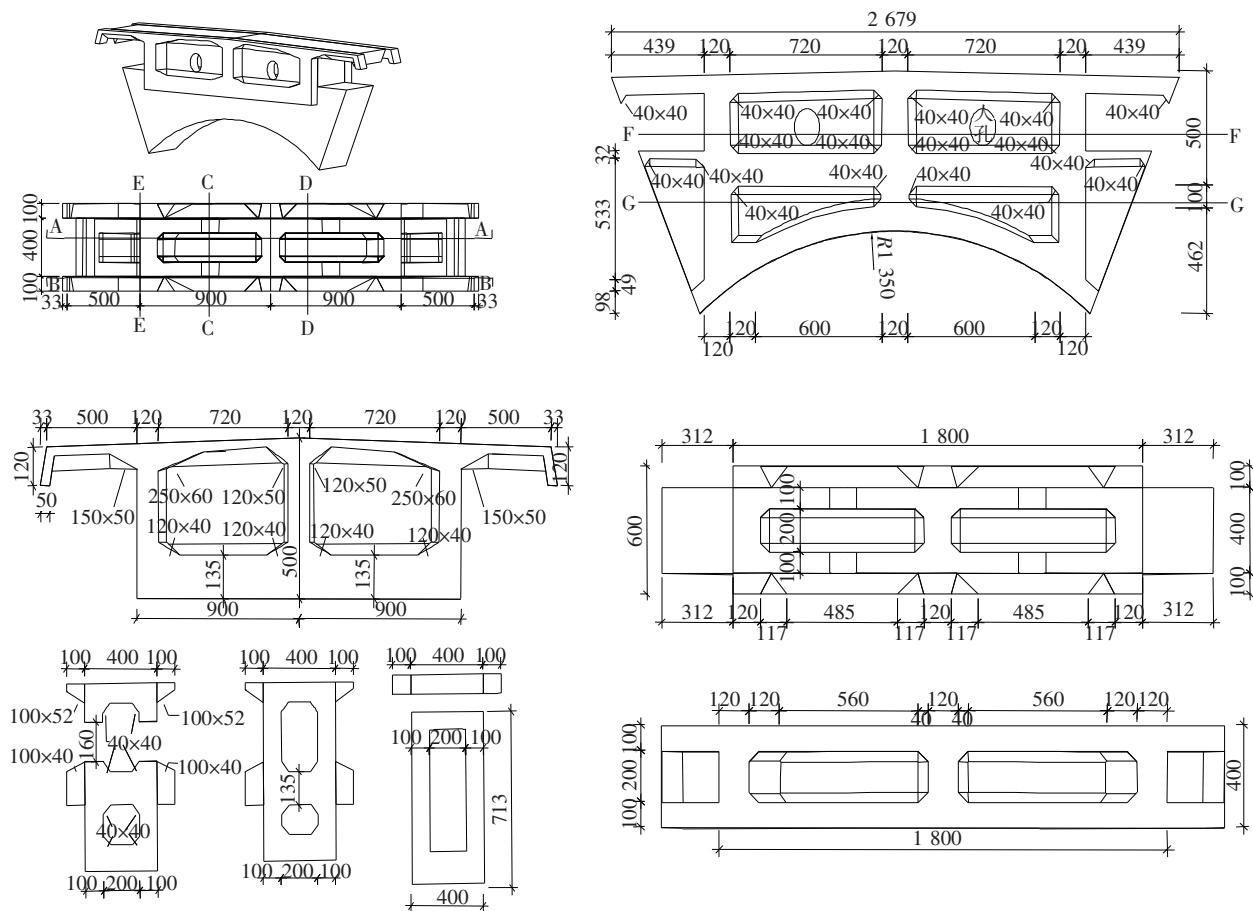


图2 箱梁0#块一般构造图(单位:cm)

码获取构件信息,当构件信息发生变化时,管理人员在BIM软件中通过选择构件,点击“重新生成二维码”,即可通过网络自动将新二维码发送至施工现场。

在Navisworks软件中,通过二次开发对数据接口开发进行了研究,直接将模型和软件的图像引擎平台导出至施工管理平台,将模型作为数据的载体,为后期资源共享、协同工作奠定良好基础。

4 思考与展望

该文以设计阶段作为BIM技术全面应用的突破口,通过BIM技术在桥梁景观设计、复杂构件精细化设计、工程量统计、碰撞检查、二维施工图纸创建、施工技术交底、施工组织设计、二维码生成和数据接口开发等方面的应用,明确了BIM技术在桥梁设计中的详细应用前景和方向。在桥梁后续阶段BIM技术的全生命周期应用中,发现以下问题并提出一些建议。

(1) 部分施工管理平台的BIM模型封装性、合法性存在隐患。目前市场上有很多用于施工管理的

BIM平台,有些平台读取模型时,通过其他软件作为中间软件进行处理,会造成进入平台的模型不具备封装性,在施工阶段使用时会带来隐患,该文提供的数据接口开发技术可保证模型具有足够的封装性,建议平台研发过程中,直接使用由设计单位提供具有封装性的模型,并由设计单位对模型的正确与否负责。

(2) 一套模型难以在多个阶段通用。目前,不同阶段的BIM应用时,由于需求不同,往往会存在多套模型。建议设计单位建模时,充分考虑后续阶段各单位的使用需求,另外BIM软件商需加强对BIM软件平台中模型和信息的合并、分割和调整等功能的研发。

(3) BIM技术的成果提交尚不明确。BIM技术在桥梁全生命周期的应用过程中,需要在不同的阶段不断附加信息,往往会存在设计阶段模型、施工管理平台、运维管理平台、交竣工模型等多个交付成果,如何明确这些成果之间的数据流程、相互关系和法律地位,为建设方提供简单明了、详尽清晰的BIM成果,应该是今后重要的研究内容。

尽管BIM技术在目前桥梁工程全生命周期应用