

钢结构异形桥梁 BIM 正向设计探索

彭凤强,冉汶民,李立威,王庆滨,彭 坚

(中冶赛迪工程技术股份有限公司,重庆市 400000)

摘 要: 目前,采用传统方式对复杂的异形钢结构桥梁进行设计,效率低下、表达不清且时间成本高。利用 BIM 技术,采用二次开发的手段,在实际项目中进行正向设计应用,且取得了良好的经济效益。通过将实际项目的 BIM 技术应用情况进行解析,详细介绍了 BIM 技术应用的各个关键节点,为以后同类型的桥梁设计提供参考。

关键词: BIM; 钢结构; 钢桥; 数字化; 正向设计

中图分类号: U448.36

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)10-0086-05

0 引 言

近年来,随着建筑业信息化进程的加快,国家及各省市出台众多利好政策,促进土木行业数字化转型工作,大力发展数字设计、智能制造和智慧运维,加快建筑信息模型(BIM)技术研发和应用。为了更好地实现智能化设计、施工,以及运营管理,以实际工程项目为载体,从数字化转型先驱探索出发,本着多专业协同、单专业深研的战略思想,聚焦 BIM 正向设计,同时将 BIM 技术全面赋能设计、施工全过程、项目管理乃至后期的运维等工作。通过 BIM 技术赋能的方式,解决了复杂桥梁的设计、施工过程中众多技术难题,有利于提升专业能力,提高工作效率,降低工程成本^[1-3]。

目前常规桥梁已有较为成熟的手段和软件可较为轻松地实现 BIM 技术,但 BIM 在复杂的异形桥梁设计、工厂制作下料、施工管理等方面的应用探索较少^[4-6]。

从异形景观桥传统设计难点出发,分析以往项目经验,总结出二维设计的相关局限性与弊端,主要分为以下几点:

(1)在方案设计方面:二维绘制的平面图、立面图很难直观表达出结构的特异形状,让人难以理解真实的设计意图。

(2)在效果图设计方面:委托其他公司进行建模渲染,花费时间沟通,花费昂贵的费用增加成本且展示角度有限。

(3)在 CAD 绘制出图方面:异形桥梁结构复杂,导致绘图难度增加;对于复杂的空间形状,绘制的二维平面图难以指导施工,尤其在空间异形构造绘制方面完全不能准确表达清楚,全靠施工人员对图纸的理解,导致施工不准确,且项目工程量的统计不清。

(4)在识图方面:施工人员不易充分解读图纸内容,在表达和理解上往往会带来差错。

(5)在图纸变更方面:异形结构图纸变更工作量大、工期长,施工单位接纳变更图纸后,消化和施工准备时间长,变更内容不能及时实施,影响施工进度。

传统二维设计在解决复杂桥梁设计时会有很多的局限性与弊端,所以尝试 BIM 技术在异形桥梁正向设计中的应用探索。

根据目前国家政策和市场需求,在桥梁领域大力发展 BIM 技术是大势所趋。利用 BIM 技术进行的桥梁三维设计相对于传统的二维设计方法,具备以下优势:

(1)对复杂异形的桥梁结构,三维设计可更直观、更准确地表达出复杂结构的形态和构造。

(2)能实现自动化、智能化的桥梁设计。

(3)由于 BIM 技术的参数化三维建模,可通过调整参数快速实现方案的调整和优化。同时,建成的参数化模型还可用于其他项目。

(4)BIM 可以在桥梁的全生命周期重复利用,为各阶段的管理者提供高效便捷的决策平台。

(5)BIM 结合三维地理信息系统,可将高分辨率影像地形、无人机实景三维模型、激光点云等空间数据,以及红线、地质、自然保护区、行政区划、国土空间规划、耕地保护矢量数据等业务数据,高效整合到

收稿日期:2022-11-14

作者简介:彭凤强(1985—),男,本科,高级工程师,从事桥梁设计工作。

BIM 中,实现精确全面的三维信息模型,实现工程可视化需求。

(6)桥梁监测系统随着 BIM 技术、物联网、人工智能等技术的发展形成了一套新型的智慧监测系统,以实现智慧管养,以便后期运营管理人员可以直观地浏览并读取桥梁病害信息,从而有助于对桥梁病害的认识和判断,为管理者提供合理的、及时的决策依据。

(7)桥梁 BIM 纳入城市运营管理系统,由后期运营管理部门统筹管理。

1 项目概况

本项目位于深圳市空港新城启动区沙井南环路西延段,城市主干路,设计速度为 50 km/h。该桥梁为沙井南环路西延段跨越截流河重点打造的景观桥,为人车分离、分层的钢纵横梁组合体系桥梁。桥梁全

长 149 m,孔跨布置为 32 m+72 m+32 m,桥梁范围内为双向十车道。桥梁效果图见图 1。



图 1 桥梁鸟瞰图

桥梁纵梁采用变高度的变截面钢箱梁,横梁采用工字型截面,非机动车道与车行道为同一平面,桥梁人行道单独分离下沉,人行道采用 12~22 m 的大悬臂悬挑结构,并通过钢拉杆形成桁架结构提高整体性,详见图 2。

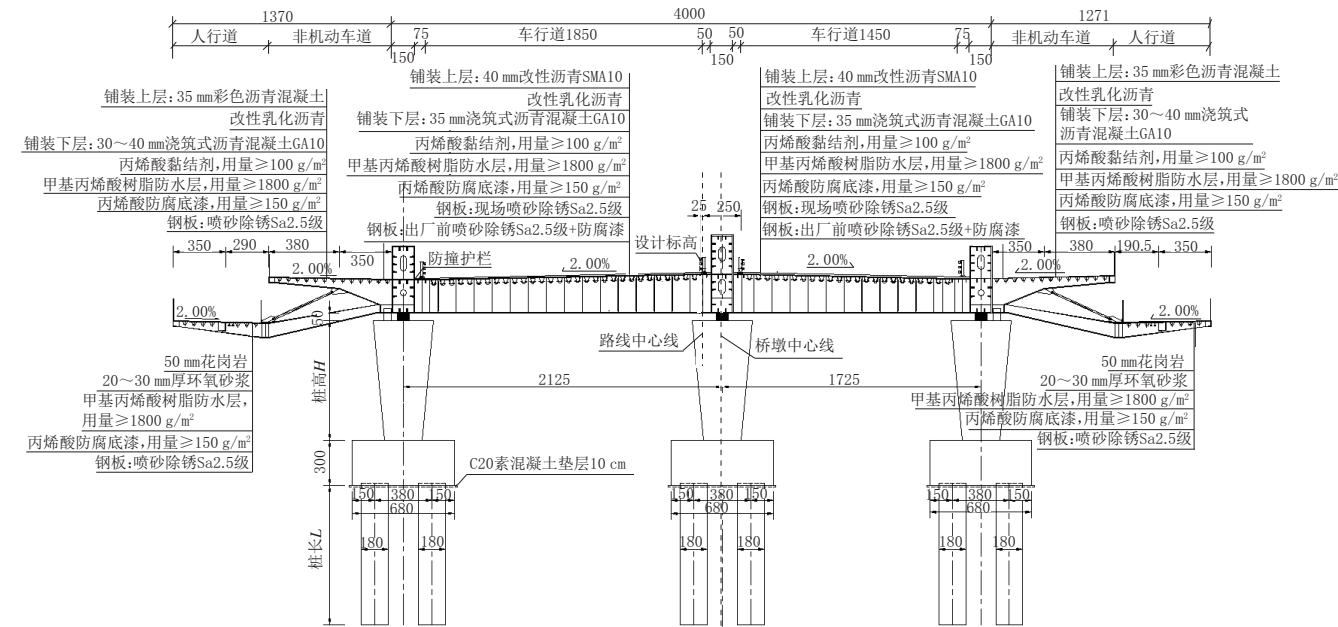


图 2 桥梁横断面

主桥上部结构采用钢纵横梁组合体系,均为钢结构。下部桥墩采用矩形实体墩,基础采用承台桩基础。桥台采用轻型桥台,基础采用承台桩基础。

主梁由钢纵梁、横梁、桥面板组成。纵梁采用钢箱室,中纵梁为变高度结构,梁端梁高 3.314 m,梁中部梁高 5.2 m,宽 1.5 m。边纵梁为变高度结构,梁端梁高 2.95 m,梁中部梁高 4.45 m,宽 1.5 m。横梁工字钢结构,沿路线纵向间距 4.0 m。横梁与桥面板设置过渡段焊接。

中纵梁顶底板结构采用 60 mm 厚,侧板采用 60 mm,标准段横隔板采用 20 mm,间距 4 m。顶底板

及侧板设置肋板,I 肋厚度 20 mm,高 220 mm,标准间距 500 mm。

边纵梁在桥梁跨中支点处 8 m 范围内顶底板采用 80 mm,其他范围内顶底板结构采用 60 mm 厚,侧板采用 60 mm,标准段横隔板采用 20 mm,间距 400 mm。顶底板及侧板设置肋板,I 肋厚 20 mm,高 220 mm,标准间距 500 mm。

横梁为工字形截面,顶底板厚 60 mm,顶板宽 1 000 mm,底板宽 500 mm,腹板厚 20 mm。桥面板厚 20 mm,横梁与桥面板设置过渡段焊接,过渡段长 160 mm。

桥梁平面位于半径 800 m 的圆曲线上,桥梁墩台及上部结构的横梁均采用径向布置。

2 BIM 正向设计的总体方案

本项目中的 BIM 正向设计主要应用在设计阶段和施工阶段。BIM 正向设计流程图见图 3。

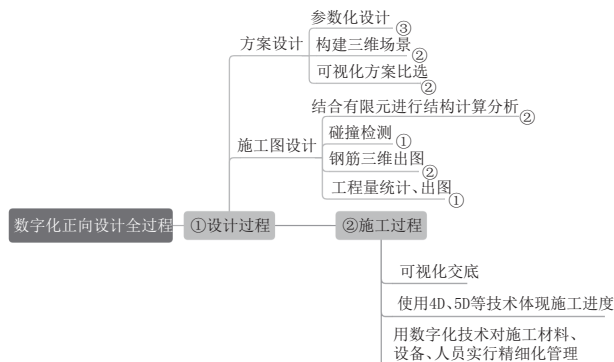


图 3 BIM 正向设计流程图

本项目在方案阶段完成了结构形式方案比选、行车及行人视觉模拟、可视化展示技术营销,降低了沟通成本,提升了协作效率。

在施工图设计阶段完成了基于 BIM 的结构计算、辅助二维施工图出图、复核工程量、可复制的通用型项目样板制作。

在施工过程中,本项目在设计施工一体化理念下,运用 BIM 完成了钢结构工厂下料、施工方案模拟。

在 BIM 设计的软件平台选择上,考虑结构的异形几何曲面较多,常规建模手段较为困难,故本项目采用 Revit 及自适应构件族实现了异形构件参数化设计,建模深度达到了 LOD400,并极大提高了构件族的通用性,减少了构件族的种类。通过 Dynamo+Python 二次开发,实现了 Civil 3D、CAD 与 Revit 的快速交互,满足桥梁设计上下游协同设计的考虑。本项目建模流程详见图 4。

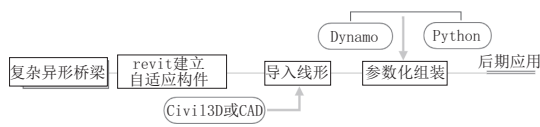


图 4 本项目建模流程

3 基于 BIM 正向设计的应用探索

3.1 设计阶段应用

3.1.1 正向设计模型的衍变

(1)模型拆解: BIM 建立之前,按照设计习惯及满足设计师协同工作的需求,将拟建桥梁拆分为多个子系统:车行系统、人行系统、非机动车系统、下部

结构。根据每个系统的实际情况,再细分自适应构件族。

(2)通用族库助力后续项目应用:建立本项目自适应族库,仅使用 10 余构件族,即可满足设计需求。相较于常规构件族库的数十上百个构件族,本项目构件族减少了 60% 以上。并且后续项目可直接利用该自适应构件族库,快速完成 BIM 设计工作。

(3)二次开发助力 BIM 设计:采用 Dynamo+Python 的组合方式,自主开发了一系列通用节点,以满足模型装配的需求。通过 Dynamo 节点包,仅用一个自适应构件,就完成了本项目桥梁空间曲线主梁模型、桥梁各位置横、纵坡自动适应等,并在空间三维曲线中快速自动放置各桥梁构件。且后续复杂桥梁 BIM 设计可通过少量修改直接运用该节点包。

(4)设计模型组装:利用 Dynamo 自主开发节点包,构建模型组装节点流,并完成设计模型的一键组装。后续修改模型,仅需少量修改 Dynamo 节点流中输入数据,即可快速完成对整个模型的修改工作(见图 5)。

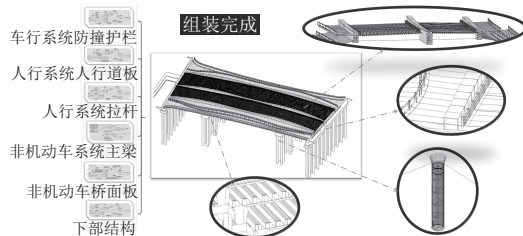


图 5 完整模型示意

3.1.2 设计阶段 BIM 应用

(1)方案设计主要应用

a. 结构形式比选:修改自适应构件模型,调整结构形式,直观反映桥梁建筑方案在整个环境中的美感与和谐性,快速优化桥梁建筑形式;模型上赋予实际的材质、颜色、灯光等,模拟成桥效果见图 6。



图 6 成桥夜景效果图

b. 车及行人视觉模拟:模拟行车及行人视角,查看桥梁自身景观及周边环境景观、桥梁通透性等,校核行车视距(见图 7)。

c. 快速形成方案模型展示:在 BIM 中添加周边

九号桥设计 | 调整后小汽车视线(视线高度1.1 m)

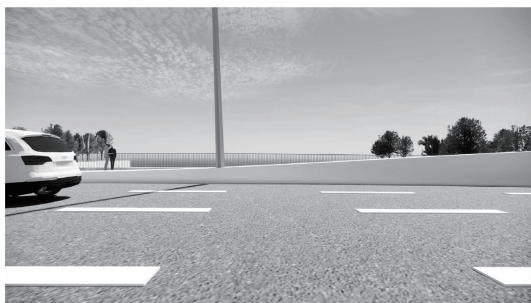


图 7 行车视觉模拟

场地环境和建筑模型,考虑与道路设计的融合合理性,并充分考虑桥梁与周边环境的协调性。

(2) 施工图设计主要应用

a. 结构计算:将建立的 Revit 模型导入有限元分析软件,对导入模型进行修正和网格划分处理后,添加荷载和边界条件,进行桥梁结构的强度、刚度、稳定性验算(见图 8)。

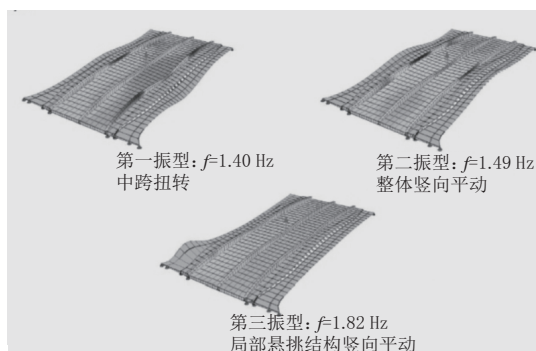


图 8 有限元计算

b. 辅助二维施工图出图:配合二维施工图设计,优化钢结构箱室设计,解决三维曲面坐标高程计算困难问题。

c. 工程量统计:精准获取桥梁构件工程量,输出实物工程量,与传统手算相比,工程量偏差 3.5%左右。

通过参数化建模,控制模型中各构件的几何关系,以适应各类结构的变化。在后期方案变更过程中,参数化的模型可以通过简单的命令实现全模型整体修改。另外,参数化的模块还可供后期项目的重复适用。

3.2 BIM 正向设计在施工阶段的延伸

基于 BIM 正向设计,探索设计施工一体化,通过模型、数据等无损延续保障施工的合理性。

在钢结构工厂下料方面,设计阶段已准确绘制板件尺寸和形状的数字模型,钢结构加工厂将正向设计模型转换成 3ds 格式后导入 Tekla Structures 软件,经过复核和局部修改后便可利用模型精确绘制

工厂加工深化图和下料清单。根据运输条件进行构件拆分,精确排版钢板大样,避免材料浪费,直观指导工人精准下料,实现智慧制造(见图 9)。

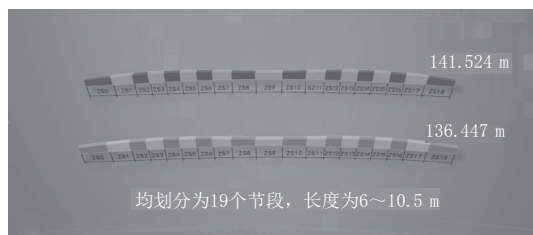


图 9 施工下料辅助

对于复杂的三维曲面,传统的二维图纸很难直接表达出弧度的变化。在设计给定的原则下需要经过复杂的计算才可得出准确的三维坐标,增加了施工的难度。三维数字模型的应用,方便施工单位直接读取所需要的数据,避免变化换算的错误,有效提高了施工效率和精度。

在施工方案模拟方面,可通过 BIM 技术实现数字化预拼装,正向设计模型转换成 3ds 格式后导入渲染软件 lumion 进行安装过程模拟(见图 10)。

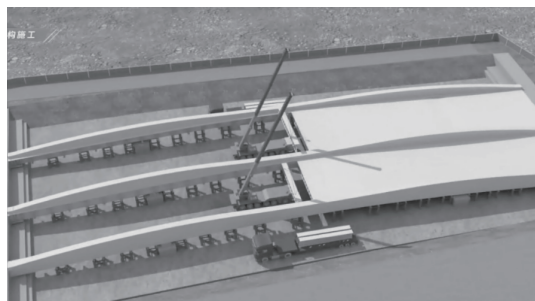


图 10 施工过程模拟

BIM 技术将本需要巨大财力、物力的工厂整体预拼装变成了三维数据模拟,并能得到满足工程需要的精度要求。同时,还可以通过 BIM 技术优化施工工序,实现节能降噪。

4 BIM 正向设计在项目中的应用成效

BIM 桥梁正向设计在项目各阶段得到了较好的应用和效益。

(1) 方案比选阶段: BIM 桥梁模型直面业主,可随时动态修改方案,更加快速地达到业主想要的桥梁方案,减少之后的会面交流成本。

(2) 在复杂的空间曲线与多元化的桥梁截面方面: 可通过 Dynamo 节点包编程,实现对空间曲线的控制、异形结构参数化建模,做到一个参数化截面适用于多个变截面,极大地减少了人力的投入。

(3) 在模型渲染方面: 桥梁模型与 Civil 3D 道路结合导入 3d Max 进行效果渲染,降低效果图方面的

开支。

(4)在三维出图与识图方面:精细化后的桥梁模型,可以实现高质量、高效率地出图,准确预算工程量。三维模型可以帮助施工人员更清楚、直观地读懂图纸内容。

(5)在工期与成本方面:BIM 正向设计较传统的二维设计缩短了时间,同时也降低了工程成本。

(6)在施工方面:BIM 模型提交施工单位后,可进行快速施工下料,确保施工精度和质量,缩短施工工期,节省工程造价。

(7)施工完成后,BIM 模型归档业主,还可用于进行运维管理。

从以问题为导向的角度出发,与异形景观桥传统二维设计相比,BIM 正向设计的水平、质量与效率均有提高,专业协作更加完善,内容表达更加丰富。

同时,复杂桥梁设计对设计师提出更高挑战,基于 BIM 正向设计拓展的全生命周期 BIM 应用至关重要。从正向设计出发,发挥数字化信息传递和数据应用的优势,积极探索 BIM 设计施工的延展性。

5 BIM 正向设计总结

对于常规桥来说,现阶段的二维设计经过多年的实践已能成熟地应用于施工。但对于复杂的异形桥梁,常规的二维设计手段在设计阶段和施工交底阶段较难校对出问题,多在施工过程中才发现各种各样的碰撞、错台、错位,或因施工先后顺序不合理导致无法安装等问题。由于该类问题往往累积到一定程度后才被发现,因此后期整改措施代价极大。

BIM 正向设计的应用给复杂异形桥梁赋予了强大的空间问题解决能力,为该类二维图纸无法表达的多维度的曲线、曲面、几何体提供了直观表达方

案。因此,从需求角度来说,复杂异形桥梁的 BIM 正向设计应用是非常必要的。如何快速建立复杂异形桥梁模型的方法和手段也是未来研究的重点方向。

6 结 语

本文通过介绍 BIM 技术在异形钢结构桥梁的设计,得到以下结论:

(1)复杂桥梁 BIM 设计,需采用多软件协同的方式完成,技术路线可参考本项目。

(2)族库先行原则,在开展桥梁设计前,需总结归纳不同项目的构件族库,为当前项目提速增效。

(3)必要的二次开发是 BIM 设计中强有力的助推剂。设计过程中,需充分利用各软件的扩展开发功能,深入开展二次开发工作。

(4)BIM 技术在施工和运营阶段的优势需得到发挥。BIM 技术不仅仅体现在设计阶段,而是贯通项目的全生命周期。

参考文献:

- [1] 代少凯,张坚,唐超龙.桥梁工程 BIM 辅助设计应用探析[J].交通科技,2020(6):48-52.
- [2] 夏雨帆,杨明,申威.基于 BIM 技术的复杂异形钢拱桥深化设计[J].交通科技,2020(6):41-43.
- [3] 蒋浩鹏,姜谔男.基于 BIM 技术的桥梁模型设计及信息处理研究[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2021(1):82-89.
- [4] 中冶赛迪工程技术股份有限公司.深圳空港新城启动区一体化工程展览大道跨截流河特大桥工程初步设计和施工图设计文件 [Z].重庆:中冶赛迪工程技术股份有限公司,2018.
- [5] 中国二十冶集团有限公司,中铁重工有限公司.深圳空港新城启动区一体化工程展览大道跨截流河特大桥工程施工组织设计文件 [Z].上海:中国二十冶集团有限公司,武汉:中铁重工有限公司,2018.
- [6] 彭凤强,冉汶民,李立威,等.浅谈展览大道跨截流河特大桥设计及 BIM 技术的应用[J].城市道桥与防洪,2021(12):64-68.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com