

文章编号: 1674—8247(2020)03—0108—05
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2020.03.022

基于 BIM 技术的下承式大跨度尼尔森体系 简支拱桥施工

张宏博 王祥国 张文东 袁本哲 崔 健

(中建铁路投资建设集团有限公司路桥公司, 青岛 266000)

摘 要:潍莱高速铁路 144 m 下承式大跨度尼尔森体系简支拱桥,具有工况复杂、结构内部易出现碰撞、桥梁主要受力构件均为异型构件、工程量统计难度大等特点。本文将 BIM 技术运用于下承式大跨度尼尔森体系简支拱桥施工中,在深入研究大跨度简支拱桥设计与施工技术的基础上,提出了大跨度简支拱桥施工技术的关键点、简支拱桥的 BIM 核心构件模型、BIM 技术应用于简支拱桥建模流程的关键控制点以及 BIM 技术解决拱桥施工难点的方法等,有效提高了工程效率,降低工程成本。

关键词:BIM 技术;大跨度简支拱桥;构件模型;建模流程;关键控制点

中图分类号:TU445.4 **文献标志码:**A

108

Application of BIM Technology in Construction of Large-span Simply-supported Through Arch Bridge with Nielsen System

ZHANG Hongbo WANG Xiangguo ZHANG Wendong YUAN Benzhe CUI Jian

(Road and Bridge Company of China State Railway Investment Construction
Group Co., Ltd., Qingdao 266000, China)

Abstract: The long-span simply-supported through arch bridge with Nielsen system of Weifang-Laixi railway with length of 144m is characterized by complex working conditions, easy collision inside the structure, special-shaped structure for the main load-bearing members and the great difficulty in engineering quantity statistics. In this paper, the BIM Technology is applied to the construction of long-span simply-supported through arch bridge with Nielsen system. Based on the in-depth study of the design and construction technology for long-span simply-supported arch bridge, the key and difficult points of the construction technology of long-span simply-supported arch bridge, the BIM core member model of simply-supported arch bridge, the key control points of the application of BIM technology in the modeling process of simply-supported arch bridge and the method of solving the construction difficulties of arch bridge by BIM technology are put forward, which effectively improves engineering efficiency and reduces engineering cost.

Key words: BIM technology; long-span simply-supported arch bridge; member model; modeling process; key control point

收稿日期:2019-11-01

作者简介:张宏博(1991-),男,助理工程师。

基金项目:中国铁路投资建设集团有限公司科技研发课题(CSCECZJTJ-2019-08)

引文格式:张宏博,王祥国,张文东,等. 基于 BIM 技术的下承式大跨度尼尔森体系简支拱桥施工[J]. 高速铁路技术,2020,11(3): 108-112.

ZHANG Hongbo, WANG Xiangguo, ZHANG Wendong, et al. Application of BIM Technology in Construction of Large-span Simply-supported Through Arch Bridge with Nielsen System [J]. High Speed Railway Technology, 2020, 11(3): 108-112.

Building Information Molding(建筑信息模型)简称 BIM,是建立在三维数字技术基础之上,集成了建筑工程项目各种有关信息的工程数据模型^[1]。BIM 技术的核心是虚拟“设计与建造”,依据图纸等相关信息,实现工程可视化性的设计与施工,是对项目工程设施实体与功能特性的数字化阐述^[2],支撑起建筑行业的第二次“科技革命”。2015年,住房城乡建设部印发《关于推进建筑信息模型应用的指导意见》,在其发展目标中明确提出“到2020年末,以下新立项目勘察、设计、施工、运营维护中,集成应用 BIM 的项目比率达到90%。”;2017年5月,《建筑信息模型施工应用标准》发布,中国建筑业有了可参考的 BIM 标准;2018年后,越来越多关于 BIM 的推进政策陆续推出,BIM 技术逐步向全国各城市推广开来,实现在全国范围内的普及应用。

目前,BIM 技术运用于房建项目的成功案例非常多,如贵州建工军区总医院、北京奥体中心、天津大礼堂、南京福特厂等。在路桥行业中,伴随着高速铁路和现代路桥工程的快速发展,桥梁结构设计越来越复杂^[3],异形结构越来越多,对建造工艺要求也越来越严谨,施工进度要求越来越紧。为推进路桥工程紧跟时代技术发展的步伐,近些年 BIM 技术也逐渐开始应用于桥梁工程。本文依据潍莱铁路大跨度简支拱桥施工,结合 BIM 技术在施工管理中的应用,研究高速铁路144 m 下承式尼尔森体系简支拱桥的综合施工。在实施过程中,逐步完成 BIM 族库的建立以及过程资料的收集、整理,总结出基于 BIM 技术的大跨度简支拱桥施工的 BIM 团队建设、建模流程、建模关键控制点、优化设计变更方案、施工管理可视化方法等技术。通过基于 BIM 技术的大跨度简支拱桥施工实践,验证了 BIM 技术在拱桥施工中运用的可行性,为类似工程提供参考依据。

1 工程概况

1.1 铁路工程概况

潍坊至莱西高速铁路(简称“潍莱高速铁路”)为双线无砟轨道铁路,线间距5.0 m,设计时速350 km,西起规划终点济青高速铁路潍坊北站,往东接入青荣城际铁路莱西北站,线路位于胶东半岛腹地,是山东省“三纵三横”快速铁路网的重要组成部分。

1.2 简支拱桥工程概况

潍莱高速铁路在里程 DK 58+128.49 处,以下承式钢管混凝土简支拱的形式跨荣潍高速公路,与高速

公路斜交149.42°。下承式简支拱桥梁全长148 m,是潍莱高速铁路全线的控制性工程之一。

2 大跨度简支拱桥设计

简支拱桥结构为刚性系梁刚性拱,采用尼尔森吊杆体系,先施工梁体,后施工拱肋,系梁采用满布支架施工,钢管拱肋在系梁上拼装合龙。梁端采用实心矩形截面,高3.0 m,两端实心段各长8.5 m;系梁横截面为单箱三室截面,高3.0 m,中间段长126 m,两端过渡段各长2.5 m。

简支拱桥计算跨度144 m,拱肋矢跨比为1:5,拱肋在横桥向内倾8°呈提篮式,立面投影矢高 $(28.8 \times \cos 8^\circ)$ m,呈二次抛物线形式,拱肋面内方程 $Y = [4 \times 28.8 \times (144x - 4x^2)] / 144^2$;拱肋截面是等截面的哑铃型形状,截面高4.0 m,钢管直径1.3 m,由20 mm 的钢板卷制而成。在圆形钢管内设置加劲箍,拱肋的两钢管之间用20 mm 的厚腹板连接,并在腹板中焊接拉杆,拱肋中灌注 C55 自密实补偿收缩混凝土;拱肋中间用外径1.5 m 的圆形钢管布置1道一字撑,用外径0.9 m 的圆形钢管布置6道斜撑(K撑),斜撑钢管内均不填充混凝土,拱肋采用 Q345qE 钢材。32对吊杆组成拱桥尼尔森体系,在拱肋端设置吊杆张拉装置;在吊杆内安放磁通量传感器,监测施工过程中和施工后期吊杆的应力状态。

3 简支拱桥施工技术重难点

3.1 施工环境复杂

拱桥正下方为荣潍高速公路,日常车流量较大。受施工环境的限制,拱桥支架体系布置情况复杂,施工难度较大。传统的技术交底难以直观地指导工人现场施工,严重影响施工进度,增加成本投入。

3.2 拱架结构复杂

(1) 拱架形式复杂

上部结构拱架整体为二次抛物线形式,荷载集中程度随着简支拱桥轴线高度的变化而变化,拱桥的曲线变化形式较复杂^[4],且桥梁中部分受力构件为异型构件。

(2) 放样定位难度大

拱桥纵梁长度148 m,测量放样定位难度大。

(3) 拱桥刚度要求大

简支拱桥以承受压力为主,产生较大的水平推力;拱肋内浇筑 C55 自密实补偿性收缩混凝土,拱桥自重非常大,增大了桥梁下部结构的工程量,稳定性问题比

较突出,对地基基础条件要求较高,施工难度较大。

3.3 钢筋密度大

系梁和拱脚等钢筋节点处钢筋密度较大,且系梁处与波纹管交织通过,极易发生碰撞^[5],施工过程中出现问题较多,造成严重的工程返工,项目成本增加较大。

3.4 工程基础数据多

目前,施工企业现场管理的不精细,造成大量的工程基础数据统计不及时、不完善、不准确,现场管理缺少有力的数据计量支撑,造成项目资源、物流以及储存环节的严重浪费。

4 基于BIM技术的简支拱桥施工

4.1 组建BIM团队

基于BIM技术的大跨度简支拱桥施工中,有大量的工程基础数据,数据处理繁琐费时,因此组建了BIM实施小组。根据BIM应用和实施等工作内容的不同,对小组成员进行明确分工;根据专业技术特点,确定人员的工作侧重方面。健全建模工作制度,确定BIM各项工作的主要负责人和实施人员,所有人员协调工作。项目实施阶段BIM人员组织架构如图1所示。

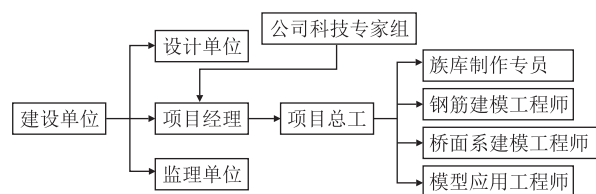


图1 项目实施阶段BIM人员组织架构图

4.2 基于BIM技术的大跨度简支拱桥施工建模流程和关键控制点

分析BIM建模辅助工程施工管理实施阶段及建模流程^[6],发现BIM技术在大跨度简支拱桥施工运用中,存在模型创建精度不精确、项目拆分原则不规范、项目样板不完善等常见问题。为加强BIM技术建模的可视化、协调性、模拟性、优化性以及可出图性,本文提出基于BIM技术的大跨度简支拱桥施工建模流程和关键控制点^[7-8]:(1)检查模型创建精度是否合格;(2)检查项目拆分原则是否合格;(3)检查项目样板是否合格;(4)检查BIM工具规划是否合格;(5)检查阶段性成果是否合格;(6)检查合模是否合格;(7)检查视频制作是否合格。基于BIM技术的大跨度简支拱桥施工管理运用关键控制点如图2所示。

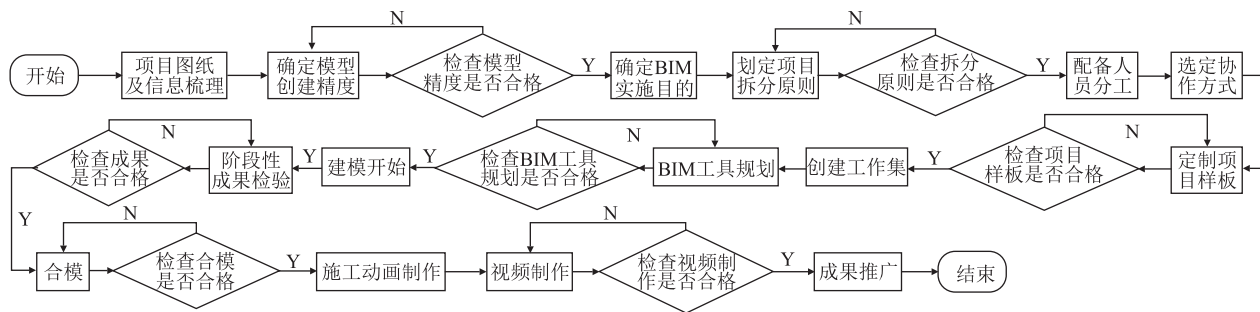


图2 基于BIM技术的大跨度简支拱桥施工建模流程关键控制点框图

4.3 基于BIM技术创建的简支拱桥核心构件模型

应用BIM技术创建三维模型,建立健全结构详细的属性信息,将其与施工进度结合,进行4D施工可视化模拟,使用多媒体的形式进行交底^[9],让参与工程的所有人员实质性地认识结构的组成、功能以及作用。大跨度简支拱桥基于BIM技术创建的核心结构模型,如图3所示。

4.4 基于BIM技术解决简支拱桥施工重难点

4.4.1 基于BIM技术的施工可视化

拱桥正下方为荣潍高速公路,施工环境较为复杂,运用BIM技术模拟简支拱与荣潍高速的相对位置关系,并将施工流程细化,再配合二维码技术及网络平

台,制作二维码贴在现场。针对简支拱桥施工组织复杂的问题,运用BIM的可视化,预先对场地各功能区进行布置,整体漫游,为场地布置提供合理方案。一方面进行三维可视化技术交底,便于现场随时随地查阅施工作业交底;另一方面进行方案模拟,为后期施工方案的编制及报审工作提供依据,提高各参与方的协同性,进而提高施工效率。

4.4.2 基于BIM技术的方案优化

针对简支拱拱架形式复杂、放样定位难度大、拱桥刚度要求大等难题,运用BIM技术进行可视化编程建模,对模型进行预拼装,完美解决了二次抛物线定位问题,提高了拱肋建模精度和拱肋拼装方案的可行性;采

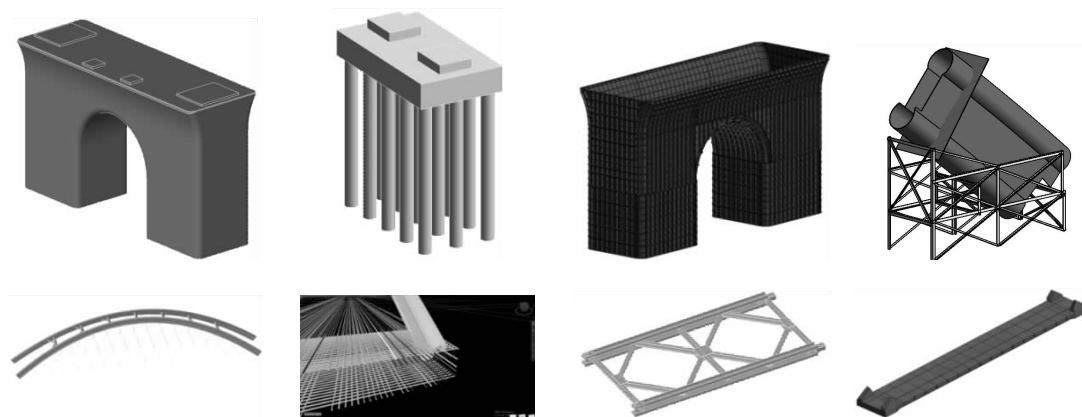


图3 基于 BIM 技术创建的核心结构模型图

用 Dynamo 编程建模,辅助 Revit 对模型进行预拼装,可保证模型的精准度,可提供精度达 LOD500 层级的竣工模型。

4.4.3 基于 BIM 技术的设计变更优化

运用 BIM 技术模拟施工过程,指导简支拱桥上下部结构施工,通过 BIM 模型对结构物进行 360°全方位观察,对模型校核比对,快速获取构件信息,提前预估存在问题,并提出《设计深化建议书》,交由设计单位调整,可在工程施工前排除障碍,针对性地提出解决难题的方案,优化设计方案等,为后续设计变更的工程量提供支撑,也确保了施工进度和质量。

4.4.4 基于 BIM 技术的施工隐患排查(碰撞问题)

简支拱桥具有工况复杂、机构内部易出现碰撞、桥梁主要受力构件为异型构件等特点,基于 BIM 技术创建的钢筋模型在三维可视化、碰撞检查、深化设计等方面的应用^[10],可进行各类钢筋用量统计、碰撞试验校验、深化复杂节点等研究。在项目施工前期,按照施工图纸对系梁钢筋、波纹管及拱脚钢结构进行精细建模和碰撞检查,及早发现碰撞点,并事先针对性地提出解决方案,减少不必要的经济损失,可有效提高绑扎钢筋的效率和质量,保证施工顺利高效开展。

4.4.5 基于 BIM 技术的数据库标准化管理

简支拱桥工程量较多且比较复杂,数据统计难度大。运用 BIM 技术创建的工程基础数据库,查看工程量“明细表”,可随时快速准确地查看工程消耗量等数据信息^[10],了解工程运营状况,有效地做出维度方面的调整,为工程施工制定精确的人、材、机实施计划,实现资源消耗控制调整,进而有效地实现工程成本风险管控。如拱桥中存在大量异型构件,分类别、分部位、分工况进行工程量统计,可为施工及结算提供可靠数据支持。

4.4.6 基于 BIM 技术的安全环境管理

建立以 BIM 模型为基础的危险源识别体系,根据项目搭建的 BIM 模型,将危险源标注在 BIM 模型中,注明各危险源的防护要求、样式,确保危险源检查全覆盖、不遗漏。如检查过程中发现无防护、防护不到位、无警示标语等安全隐患问题,可随时拍照,记录检查情况,并将其在模型上进行标识,及时督促相关责任人整改,整改完成后取消标识,排除安全隐患;针对工程施工中产生的废物、废水、废气等环境污染物,可运用 BIM 技术结合实际情况分析工区附近环境,针对性地制定相应环保措施,建立基于 BIM 模型的环保信息平台,统一有序管理。制作各类安全环保标识标牌族文件,将标识标牌导入 Infraworks 软件,应用于施工场地布置,形成制作标准,生成安全标示标牌布置的漫游视频,进行简单明了的安全环保可视化交底,实现环保绿色施工。

5 结语

(1) 本文结合下承式大跨度尼尔森体系简支拱桥施工,基于 BIM 技术的精细化施工管理,组建了 BIM 实施小组,提出了实施阶段 BIM 人员组织架构;在深入研究下承式大跨度尼尔森体系简支拱桥设计的基础上,明确了下承式大跨度尼尔森体系简支拱桥放样定位难度大、钢筋密度大、工程基础数据多、拱架形式及施工环境复杂等特点;深入研究了简支拱桥施工工艺,细化施工工序,精细化建模操作,形成了基于 BIM 技术的下承式大跨度尼尔森体系简支拱桥建模流程,并提出建模流程关键性控制点。提高了 BIM 技术于简支拱桥建模的效率和精细度,深化了 BIM 技术运用的可视化、协调性、模拟性、优化性以及可出图性特点,展示了基于 BIM 技术创建的简支拱桥核心构件模型,更

为直观地给所有施工人员展示了各工序及结构构件的模拟施工场景,有效减少了设计变更与返工,提高了施工效率,降低工程成本。

(2) 基于BIM技术的可视化性和模拟性,运用BIM技术模拟简支拱与荣潍高速公路的场地位置及整体漫游,借此分析施工组织,事前编制合理的施工方案;基于BIM技术的优化性,结合Dynamo编程建模,辅助Revit对拱桥进行预拼装,解决了二次抛物线定位问题,提高了拱肋拼装方案的可行性;基于BIM技术的协调性和可出图性,选用Autodesk公司旗下产品作为全过程BIM应用软件,配合Revit使用,避免了软件接口不统一难题,实现了软件间信息转换,实现了建模、碰撞检测、设计深化、出图以及整体效果展示等运用,节约了项目资源,提高了工程质量。

(3) 本项目基于BIM工程智慧管理在工程施工管理中应用的可视化、协调性、模拟性等优势,大大节省了管柱支架、工字钢等周转材料;通过三维反馈设计,优化钢筋、钢绞线设计,精确钢筋翻样,有效降低材料成本;通过综合施工技术研究,有效降低了交通管理费用,减少了劳动力投入,提高了产品一次质量合格率,为项目大大地节约成本。本项目基于BIM技术的下承式大跨度尼尔森体系简支拱桥的成功施工,可为类似工程的施工提供参考依据。

参考文献:

- [1] 卢祝清. BIM在铁路建设项目中的应用分析[J]. 铁道标准设计, 2011, 55(10): 4-7.
LU Zhuqing. Application Analysis of BIM in Railway Construction Projects [J]. Railway Standard Design, 2011, 55(10): 4-7.
- [2] 于国, 张宗才, 孙韬文, 等. 结合BIM与GIS的工程项目场景可视化与信息管[J]. 施工技术, 2016, 45(S2): 561-565.
YU Guo, ZHANG Zongcai, SUN Taowen, et al. Scene Visualization and Information Management of Engineering Projects Based on GIS and BIM [J]. Construction Technology, 2016, 45(S2): 561-565.
- [3] 刘宏刚, 张海华, 甘一鸣. BIM技术在新白沙沱长江特大桥钢梁

架设中的应用[J]. 铁路技术创新, 2019, 17(1): 82-88.

LIU Honggang, ZHANG Haihua, GAN Yiming. Application of BIM Technology in Steel Girder Erection for New Yangtze-River Baishatuo Grand Bridge [J]. Railway Technical Innovation, 2019, 17(1): 82-88.

- [4] 胡步毛, 鲁昭, 王江浩, 等. 高速铁路大跨径混凝土系杆拱桥设计研究[J]. 高速铁路技术, 2018, 9(2): 67-71.
HU Bumao, LU Zhao, WANG Jianghao, et al. Research of Long-span Concrete Tied Arch Bridge on High Speed Railway [J]. High Speed Railway Technology, 2018, 9(2): 67-71.
- [5] 刘江涛, 胡光常. BIM在铁路设计中的应用研究[J]. 高速铁路技术, 2014, 5(5): 5-9.
LIU Jiangtao, HU Guangchang. A Study on BIM Application in Railway Design [J]. High Speed Railway Technology, 2014, 5(5): 5-9.
- [6] 李亚萍, 陈国平. BIM技术在装配式混凝土建筑设计中的应用及发展[J]. 混凝土, 2018, 40(6): 121-123.
LI Yaping, CHEN Guoping. BIM Technology in the Application and Development of Precast Concrete Building Structure Design [J]. Concrete, 2018, 40(6): 121-123.
- [7] 张宏博, 方光秀, 南元, 等. 框剪结构梁板柱高支模体系设计与施工[J]. 城市住宅, 2017, 24(4): 112-116.
ZHANG Hongbo, FANG Guangxiu, NAN Yuan, et al. Design and Construction of High Formwork System of Frame Shear Structure Beam Slab Column [J]. City & House, 2017, 24(4): 112-116.
- [8] 张宏博, 崔健, 孙中峰. 大跨度简支拱桥支架设计[J]. 城市住宅, 2019, 26(2): 114-116.
ZHANG Hongbo, CUI Jian, SUN Zhongfeng. Support Design of Long-span Simple Supported Arch Bridge [J]. City & House, 2019, 26(2): 114-116.
- [9] 张建平, 王洪钧. 建筑施工4D^++模型与4D项目管理系统的研究[J]. 土木工程学报, 2003, 36(3): 70-78.
ZHANG Jianping, WANG Hongjun. A 4d^++ Site Model and 4D Management System for Construction Projects [J]. China Civil Engineering Journal, 2003, 36(3): 70-78.
- [10] 刘大园, 姚力, 庞玲. 基于BIM的铁路轨道工程三维数字化设计构想[J]. 高速铁路技术, 2013, 4(6): 9-13.
LIU Dayuan, YAO Li, PANG Ling. Concept of 3D Digital Design for Rail Track Based on BIM [J]. High Speed Railway Technology, 2013, 4(6): 9-13.

(编辑:刘会娟 白雪)