

基于 BIM 技术的公路桥梁虚拟施工应用

杨明 刘宇

中铁建大桥工程局集团第一工程有限公司, 辽宁 大连 116033

[摘要]随着社会经济的快速发展,公路桥梁建设作为基础设施的重要组成部分,其工程规模和复杂性日益增加。为了应对多变的施工环境和提升施工效率,本研究采用了 BIM (Building Information Modeling) 虚拟施工技术,以沈阳市元江街快速路桥梁工程丁香湖路段为案例,进行了深入的应用研究。通过 Revit 软件进行三维可视化建模,构建了桥梁的详细模型,并建立了参数化的桥梁构件族库,以实现构件的标准化和快速调用。其次利用 Navisworks 软件结合施工进度表,制作了 4D 施工模拟动画,实现了施工过程的动态可视化,为施工前期的筹备和施工过程中的重难点预判提供了有力支持。本研究不仅提高了施工效率,降低了成本,还为 BIM 技术在桥梁工程中的应用提供了实践经验和参考价值。

[关键词]桥梁建设; 虚拟施工; 施工进度; BIM 技术

DOI: 10.33142/ec.v8i1.15031

中图分类号: U445.4

文献标识码: A

Virtual Construction Application of Highway Bridges Based on BIM Technology

YANG Ming, LIU Yu

China Railway Construction Bridge Engineering Bureau Group 1st Engineering Co., Ltd., Dalian, Liaoning, 116033, China

Abstract: With the rapid development of the social economy, highway and bridge construction, as an important component of infrastructure, has been increasing in scale and complexity. In order to cope with the changing construction environment and improve construction efficiency, this study adopted BIM (Building Information Modeling) virtual construction technology and conducted in-depth application research using the Dingxianghu section of the Yuanjiang Street Expressway Bridge Project in Shenyang as a case study. By using Revit software for 3D visualization modeling, a detailed model of the bridge was constructed, and a parameterized bridge component family library was established to achieve standardization and quick calling of components. Secondly, using Navisworks software combined with the construction schedule, a 4D construction simulation animation was created to achieve dynamic visualization of the construction process, providing strong support for the preparation in the early stage of construction and the prediction of key and difficult points during the construction process. This study not only improves construction efficiency and reduces costs, but also provides practical experience and reference value for the application of BIM technology in bridge engineering.

Keywords: bridge construction; virtual construction; construction progress; BIM technology

引言

在我国城市化进程的推进下, BIM 技术在桥梁工程中的应用已经取得了显著的进展,并且正在不断地发展和完善^[1]。BIM 技术是一种能够将建筑工程多维化的工具,利用实际三维模型,各参与者在软件平台上可以共享信息,有助于提高工程参与者之间的沟通效率,提高整个工程的工作进度,确保整体项目的质量^[2]。

我国 BIM 技术的引进相较于其他国家时间比较晚,不论是理论研究还是实践应用均处于起步阶段。但国内也已经有很多学者在建筑工程中应用 BIM 技术。何清华、韩翔宇^[3]两人创建的一种基于 BIM 的进度管理系统框架构建和流程设计的可视化进度管理系统,促进了多目标协同优化。龙腾^[4]通过 BIM 施工可视化技术,通过 revit 建模软件对变截面桥梁建立参数化模型,在分析后运用 Navisworks 建立桥体四维施工进度模型并对该桥梁进行施工进度模拟,通过对施工管理方案的优化,降低了施工项目成本。

国外在建筑工程信息化进程中起步比较早,对于 BIM

技术的研究和应用也有很多。美国 Albert 大学^[5]提出“*A library-based 4D visualisation of construction processes*”,通过 VR 技术实现建筑项目可视化。Manchester 大学^[6]提出“*Dynamic 3D Visualization of Articulated Construction Equipment*”,设计并实现了铰接式建筑设备的通用虚拟部件,用于接受来自外部软件进程的任务级指令。

2 工程背景

2.1 工程概况

元江街快速路工程北起三环外沈马公路,南至二环以南,全长约 4 公里。全线新建高架白山路(二环路)。地铁十号线丁香湖站以南的元江街快速路主线走向与地铁十号线走向大致平行,工程位置图如图 1 所示。

十号线在设计快速路范围内包括有:向工街站—元江街站区间、元江街站—丁香湖站区间两个区间以及元江街站、丁香湖站两个车站。

高架桥主桥标准段宽度为 17.5m,双向 4 车道;匝道

标准宽度为 8.25m，为单向 2 车道。按照桥梁桩基础与地铁结构物之间 5m 净距控制，需设计大尺寸承台 33 个；大于 3m 但不满足 5m 净距，施工时需要全钢护筒围护的桩基础 22 根（8 个桥墩）。

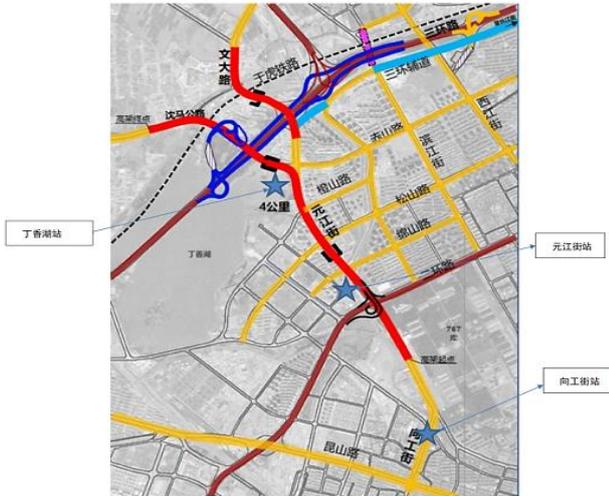


图 1 工程位置图

2.2 于洪区工程地质描述

本工程位于沈阳市于洪区元江街，场地地面高程介于 37.57m~47.35m 之间。地面高差 9.78m。该场地地貌单元归类为第四系浑河老扇区域。

沈阳市的第四纪地层相对较厚，其下基岩为前震旦系混合花岗岩体。在勘探深度范围内，场地地层主要由第四系全新统和更新统黏性土、粉土、砂类土组成。

2.3 地铁车站概况

车站为双层三跨框架结构，有效站台宽度 12m，长度为 349.7m，标准段宽度 20.5m，车站底板埋深约 17.0m，顶板覆土约 4.0m，设 4 个出入口，1、2 号出入口过沈马公路段采用暗挖法施工，爬坡段采用明挖法施工。风亭及 3、4 号出入口及商业出入口位于车站主体结构顶板上。采用明挖法施工。工程平面图如图 2 所示。车站主体标准段围护结构采用 $\phi 1000@1400$ 钻孔灌注桩+钢筋混凝土支撑+钢支撑的支护方案，车站主体南端盾构井段围护结构采用 $\phi 1200@1400$ 钻孔灌注桩+钢筋混凝土支撑+钢支撑的支护方案。

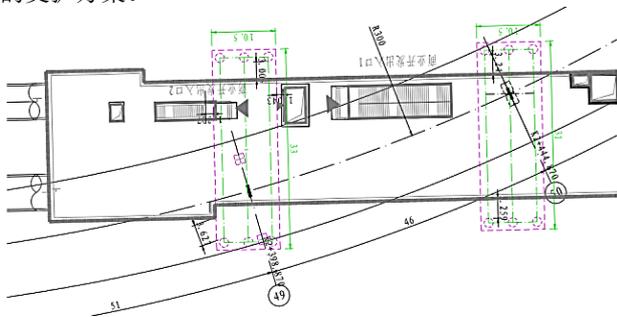


图 2 平面图

2.4 高架桥概况

此范围内高架桥为宽度 17.5m 主桥，主桥平面与地铁走向为相交关系。标准主桥为独墩；每个桥墩下的桩基础均采用 4 根 $\phi 1.5m$ 钻孔灌注桩。

2.5 高架桥基础与地铁结构物关系

高架桥承台底面高于地铁车站顶板上返梁顶面约 60cm。高架桥基础与地铁车站结构及维护措施无冲突。

3 搭建桥梁 BIM 模型

3.1 BIM 模型搭建思路

本文选用 Autodesk Revit 作为三维建模软件，完成桥梁模型以及内部钢筋结构模型的创建。利用 Revit 建模的核心是建立桥梁构件族库，桥梁模型项目文件是在族文件的基础上进行创建的。

Revit 高架车站参数化构件模型的构建流程，该流程主要包括三个关键环节：

- (1) 通过 Revit 软件构建桥梁族库，并在族库中查询合适参数化族；
- (2) 添加高架桥构件族参数属性；
- (3) 组装高架桥梁的 BIM 模型。

3.2 桩基础族创建

在本文研究的丁香湖区段高架桥使用直径为 1500mm 的钻孔灌注桩，选择混凝土圆形桩，并根据设计更改直径为 1500mm 即可使用，钻孔灌注桩的属性如图 3 所示。

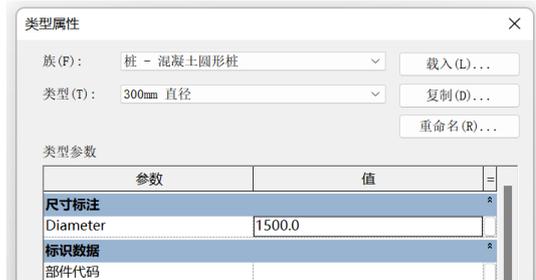


图 3 桩基础族的创建

承台作为桩基础的一部分，也要建立成为一个独立的族，我们采用绘制截面和路径后放样的方式完成。先建立好承台实心模型，运用空心放样的方式预留出钻孔桩的位置。最后得到图 4 所示承台立体模型。

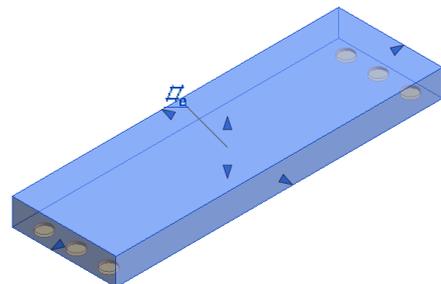


图 4 承台族

钻孔灌注桩和承台共同组成了高架车站的基础，如图

5 所示。

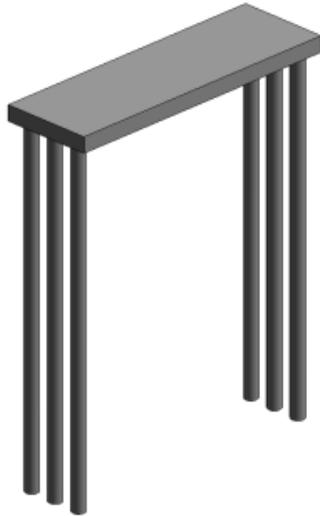


图 5 承台和桩基础

3.3 箱梁族的创建

根据箱梁的类型,选择新建公制常规模型样板族的方式来创建。得到元江街快速路主线箱梁三维立体模型,如图所示 6 所示。

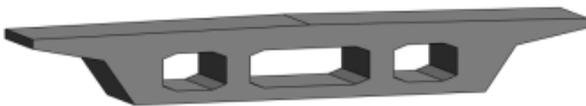


图 6 箱梁族的创建

3.4 快速路丁香湖区段模型

族构件经过导入,可以载入到项目文件中,在对快速路桥梁的族构件进行扩展之后,载入族构件可以实现相应模型的拼装,最终得到图 7 所示渲染图。

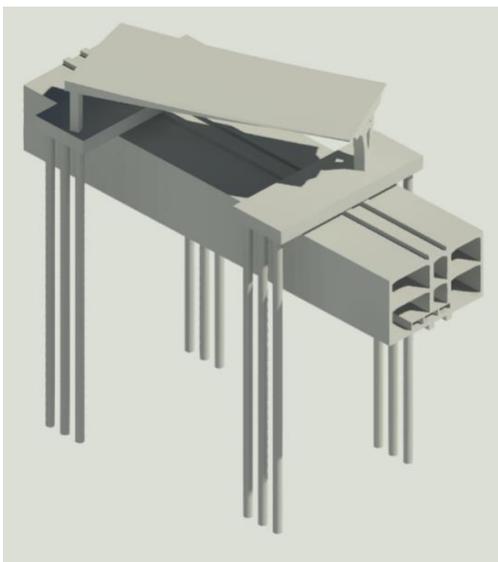


图 7 桥梁渲染图

4 三维可视化建模

4.1 BIM 的虚拟施工技术架构

为确保工程项目的高效进行,依托 Navisworks 施工可视化分析软件对项目进行施工进度管理,即虚拟施工。

把 Revit 建立的模型导入 Navisworks 中,将三维模型按构件进行划分,运用 NavisworksManage 软件建立基于 BIM 技术的虚拟施工平台,通过 TimeLiner 工具连接三维模型和项目进度,添加四维进度模拟,从而实现从 3D 模型到 4D 信息模型的转变。

通过下述流程进行 4D 虚拟施工:导入 BIM 三维桥梁模型→划分构件类型→导入进度计划→附着到对应构建类型→形成四维虚拟施工模型→动态模拟建造过程→优化施工过程→完成施工。如图 8 所示,为该项目虚拟施工流程图。

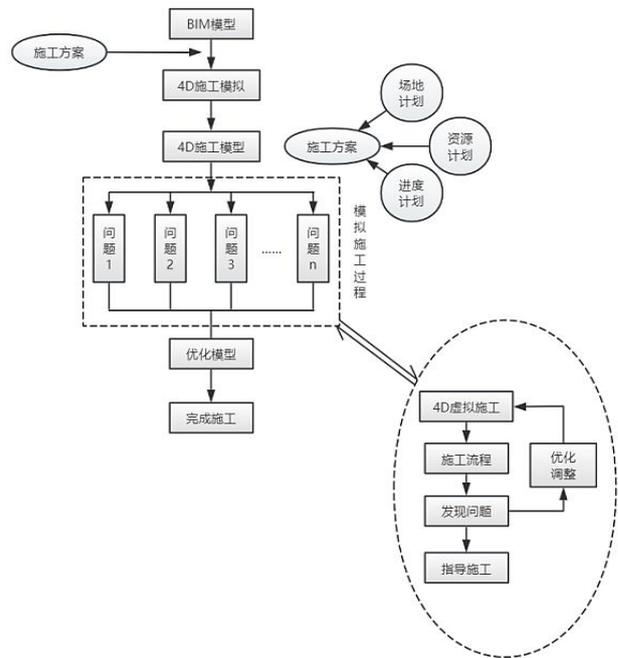


图 8 施工模拟图

4.2 BIM 的桥梁虚拟施工方案

使用 TimeLiner 首先要新建任务,新建任务的作用主要是定义工程任务的起始时间和结束时间,如图 9 所示为通过 TimeLiner 建立的丁香湖区段施工进度表。

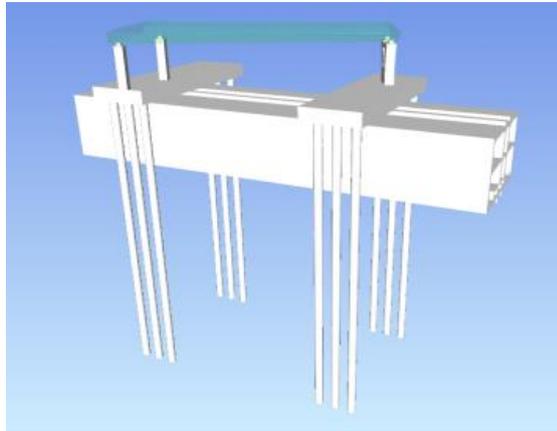


任务名称	计划开始	计划结束	实际开始	实际结束	任务类型	状态
基础	2024/4/1	2024/4/15	2024/4/1	2024/4/15	基础	完成
桩基	2024/4/1	2024/4/15	2024/4/1	2024/4/15	桩基	完成
承台	2024/4/1	2024/4/15	2024/4/1	2024/4/15	承台	完成
墩柱	2024/4/1	2024/4/15	2024/4/1	2024/4/15	墩柱	完成
箱梁	2024/4/1	2024/4/15	2024/4/1	2024/4/15	箱梁	完成

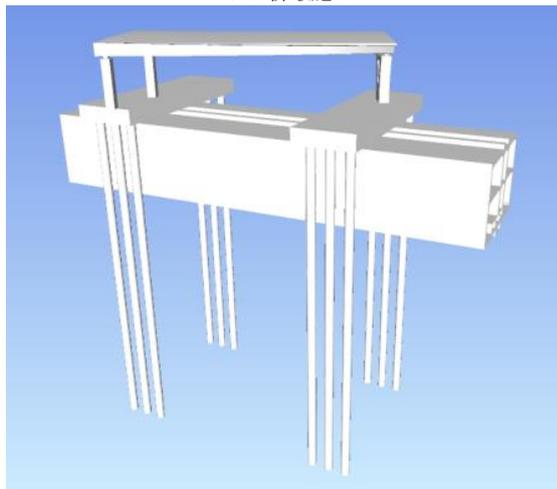
图 9 TimeLiner 施工进度表

本项目元江街快速路项目主要的模拟动画如下图 10 所示。

通过施工动画的方式模拟整个施工进程,更直观地表示出每个时间点的施工进度。如果在现场施工与计划时间出现差异时,可以随时根据实际情况做出优化调整。



(a) 桥墩施工



(b) 箱梁施工图

图 10 施工模拟动画

5 结论

随着科技的不断发展, BIM 技术已经逐步成为公路桥梁设计和施工中的重要工具。但目前 BIM 技术在公路桥梁建设中的运用却比较少。本文以元江街快速路工程丁香湖区段桥梁建设为工程背景, 基于 BIM 技术, 通过 Revit 建模软件和 Navisworks 仿真模拟软件, 对桥梁建立三维数字化模型, 进行虚拟施工, 得到以下结论:

通过 Revit 建模软件创建桥梁模型族库, 研究并开发了相应的参数化建模方法, 极大提高了高架车站模型建立的效率。

通过 Navisworks 仿真模拟软件, 对元江街快速路工程丁香湖区段的桥梁建设进行四维施工进度模拟, 将施工流程可视化展现, 实现了桥梁建设工程信息化、可视化的工程管理目标。

BIM 技术在公路桥梁虚拟施工中的应用前景广阔, 有望进一步提升桥梁工程的质量和效率。

【参考文献】

- [1]唐勇. BIM 技术在桥梁施工中的应用研究[J]. 企业科技与发展, 2022(87):185-187.
- [2]王洋. 基于 BIM 的 CRTSIII 型板式无砟轨道建模及施工进度模拟研究[D]. 石家庄: 石家庄铁道大学, 2018.
- [3]何清华, 韩翔宇. 基于 BIM 的进度管理系统框架构建和流程设计[J]. 项目管理技术, 2011(9):4.
- [4]龙腾. 基于 BIM 的变截面桥体可视化施工技术应用研究[D]. 武汉: 武汉科技大学, 2015.

作者简介: 杨明(1989—), 男, 工程师, 主要从事山区高速公路建设施工技术方面的研究。