

非对称钢拱塔斜拉桥 BIM 正向设计的应用

汪东明¹, 刘廷杰², 江 军¹, 陈飞宇¹

(1. 华设设计集团股份有限公司, 江苏 南京 210005; 2. 昆山市交通工程发展中心, 江苏 昆山 215300)

摘 要: BIM 技术不仅为桥梁设计提供了新的思路, 还有效提升了桥梁设计品质。结合复杂航道钢桥的设计流程, 基于 CATIA“骨架+模板”的思路, 针对主梁、塔柱、拉索和锚箱等全要素构件进行三维正向设计, 开展了结构分析、二维出图和工程量统计等工作, 验证了 BIM 技术在复杂航道钢桥设计中的工程适用性, 为 BIM 技术在同类桥梁设计中的应用提供了参考。

关键词: BIM 技术; 航道钢桥; 设计

中图分类号: U448.27

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)10-0091-04

0 引言

BIM 作为一种新兴技术, 以协调性、优化性、可视化等特点受到设计者们的青睐^[1]。BIM 尤其适用于具有航道属性的异形空间结构, 能够精准表达以传统绘图软件直接作为信息载体难以呈现的设计者意图。近年来, 国内外学者针对 BIM 技术在桥梁工程中的应用开展了较多的研究^[2-5]。BIM 技术不仅为桥梁设计提供了新的思路, 还有效提升了桥梁设计品质。本文依托复杂钢航道桥梁 BIM 正向设计, 详细阐述了各要素建模要点。

1 工程概况

震川桥是申张线青阳港航道整治中的重要组成部分, 主桥结合“并蒂莲”的景观意向采用(90+140)m 的非对称钢拱塔斜拉桥结构体系。主梁采用全焊接扁平流线型封闭钢箱梁, 标准断面含风嘴全宽 34.0 m。大小索塔外轮廓采用椭圆形, 并分别向岸侧倾斜 25°, 塔斜向高 78.676 m。震川桥主桥 BIM 三维模型如图 1 所示。

2 主桥 BIM 设计

2.1 总体思路

震川桥主桥索塔属于空间异形非对称结构, 且局部构造复杂, 尤其是拱塔底部钢混结合段涉及钢结构、混凝土、空间钢束定位、钢筋布置等问题。采用 BIM 技术进行正向设计可以较好地解决上述难

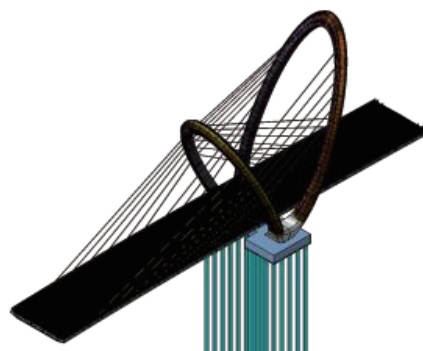


图 1 震川桥主桥 BIM 三维模型

点, 较大程度上提高智能化设计流程, 同时为大规模的在复杂钢结构航道桥梁领域基于 BIM 技术进行正向设计提供了参考。该桥 BIM 总体设计思路如图 2 所示。

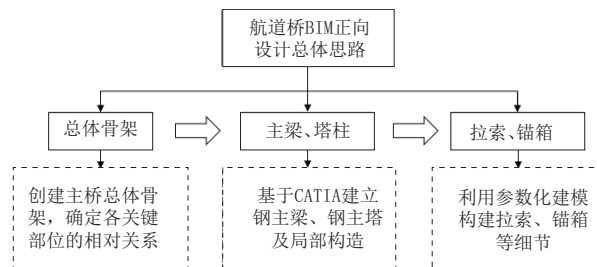


图 2 BIM 总体设计思路

2.2 CATIA 软件应用

桥梁 BIM 设计应用主要依赖于 Revit、Bentley、CATIA 等软件^[6]。Revit 因普适性难以在专业性强的桥梁工程推广。Bentley 费用较高, 且数据转换存在障碍。CATIA 源于机械航空领域, 具有强大的曲线和曲面设计功能, 在异形钢结构桥梁精准建模设计方面优势明显。本文基于 CATIA“骨架+躯体”的建模思路进行依托项目的正向设计。

收稿日期: 2022-11-09

作者简介: 汪东明(1990—), 男, 硕士, 工程师, 从事桥梁设计工作。

2.3 总体骨架建立

创建总体骨架主要是确定各关键点的连接方式、位置关系,以及塔、梁、索的标准断面或样式。桥梁总体骨架主要由点、线、面等简单元素构成,各构件依据空间骨架元素进行建模。骨架模型如图 3 所示。

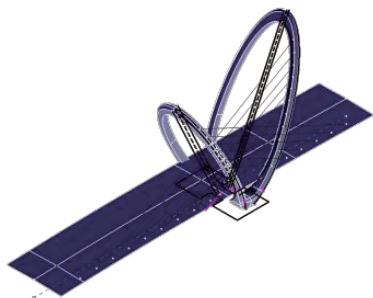


图 3 总体骨架模型

2.4 主梁建模

按传统三维建模思路,钢箱梁需逐个节段依次进行建模,工作量大、时间成本高。为减少重复繁琐的工作,笔者借助 CATIA 模板的方法进行主梁建模,相似节段通过某标准节段模板实例化生成,并在此基础上进行属性化修改。

(1) 加劲肋

主梁加劲肋主要有板肋、顶、底板 U 肋三种形式。板肋种类较多,但形状简单,且主要控制参数只有高度和厚度。因此,全桥板肋可采用一种模板,通过参数化建模可以快速得到不同高度和厚度的板肋;顶、底板 U 肋形式一致,可直接采用无参数的模板。加劲肋实例化如图 4 所示。

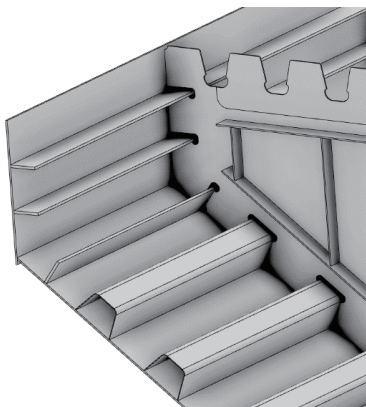
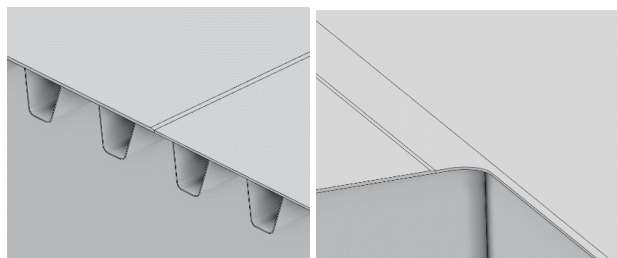


图 4 加劲肋实例化

(2) 箱体

钢箱梁箱体借助草图功能建立钢箱梁轮廓,进而拉伸截面形成顶底腹板等母板,并对母板不等厚等细节进行处理。同时,利用快速实例化功能将前述的加劲肋模板进行实例化。最后,通过三维巡检功能和碰撞检查功能对模型进行校核。图 5 为钢箱梁细节构造处理示意图。



(a) 顶板不等厚对接

(b) 顶板与横梁不等厚对接

图 5 钢箱梁细节构造处理

(3) 横隔板

横隔板是钢箱梁中重复出现最多的构件。横隔板包含了隔板、横竖向加劲、管线孔、人孔和角点加劲,将这些零件作为一个整体定义成模板。建立钢箱梁模型时,根据需要直接将其实例化即可。图 6 为钢箱梁隔板实例化的模型。

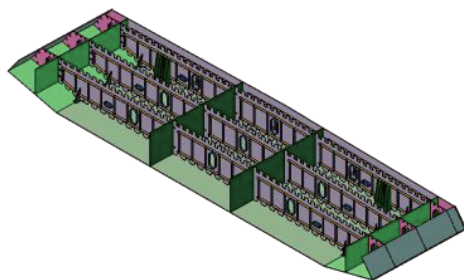


图 6 钢箱梁隔板实例化

(4) 钢箱梁实例化

将顶底板、腹板、横隔板、挑臂等构件作为模板进行实例化,得到箱体构件及中间联系横梁的模板;组装箱体和横梁,得到不同类型的梁段,从而形成了模板嵌套模板的建模方式。钢箱梁模型如图 7 所示。

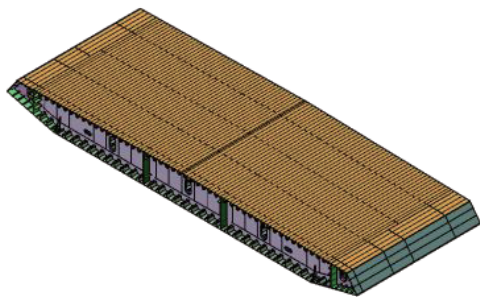


图 7 钢箱梁模型

2.5 塔柱建模

(1) 钢混结合段

建立钢混结合段的流程如下:

- 采用草图功能建立承压板,并进行钢混结合段的总体尺寸定位。
- 在承压板上建立钢塔塔壁和加劲构造。
- 在承压板上划分箱室并开孔,建立箱室腹板、加劲板、人孔等具体构造。
- 完成箱室建模后,定位钢束位置,建立钢束模

板,采用实例化功能快速建立钢束模型。

e. 通过三维巡检功能和碰撞检查功能对模型进行校核,可更直观地检查“错、漏、碰、缺”等问题,完成钢混结合段模型的优化设计。

钢混结合段三维设计模型如图 8 所示。

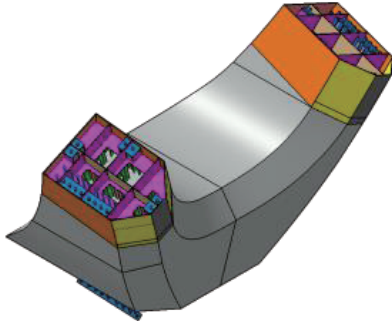


图 8 钢混结合段三维设计模型

(2)塔柱

钢塔柱的建模采用骨架线和轮廓面的设计模式。考虑到节段之间相似性较高,采用参数化和模板实例化功能可大幅提高设计效率。为简化钢塔柱建模,钢塔柱正向设计分为变化段和标准截面两部分,每一部分制定一个节段模板,模板内包含节段模型和相应的图纸,通过实例化可快速得到钢塔柱每一个节段模型和图纸。基于骨架线的塔柱节段模型如图 9 所示。

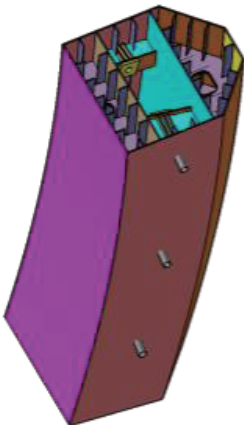


图 9 塔柱节段模型

2.6 拉索建模

斜拉索控制的参数主要为塔梁锚点坐标和拉索直径,采用智能模板和设计表格相关联的方式,快速实例化得到拉索骨架线和拉索实体,拉索线模型如图 10 所示。

2.7 锚箱建模

锚箱在设计过程中是一个“动态的构件”,空中线形为悬链线,拉索在塔梁处的夹角随着索力的变化而变化,锚箱位置必须在结构整体、设计索力稳定后才能确定,因而建立参数化锚箱是非常有必要的。

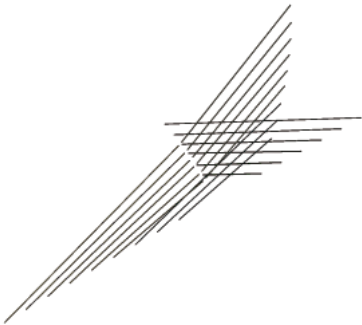


图 10 拉索线模型

本桥锚箱采用拉索骨架定位,而拉索骨架与钢箱梁骨架相对位置固定,同时借助参数化建模思路,锚箱实例化模型如图 11 所示。

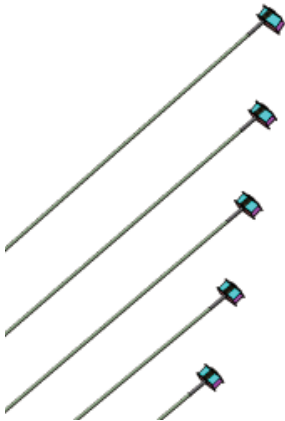
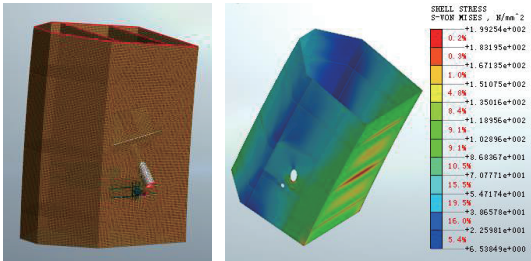


图 11 锚箱实例化模型

2.8 结构计算分析

为分析钢索塔构件受力特性,将 CATIA 软件中的 BIM 模型快速导入 Midas FEA NX 进行有限元计算分析,并利用建立的有限元模型对复杂钢索塔锚箱板厚、腹板板厚、塔壁板厚以及隔板数量等关键设计参数进行对比分析,得出相关参数对结构刚度和受力的影响。结构计算分析模型如图 12 所示。



(a)有限元模型网格划分 (b)塔壁应力计算云图

图 12 结构计算分析模型

2.9 成果提交

(1)二维出图

设计成果往往以规范的工程图 of 基本方式,因此,设计单位采用 BIM 技术建模,要以能完成工程图为目标。基于三维模型建立标准模板的二维平、立、剖面图纸与三维模型相关联,全参数化协同三维模

型,使得二维图纸能够随三维模型的参数变化而动态更新。利用 CATIA 软件中的 Drawing 模块,同类型的图纸能够批量化生成,大幅减少了后期变更的工作量,大幅提高了设计效率。

(2) 工程量统计

针对异形空间呈现弯扭状态的曲面板件,BIM 软件可以根据设计者的定义给出展开大样,利用 CATIA 的测量功能可以精准计算选取部位面积或者体积,解决了手工计算存在误差的问题。

3 结 语

本文依托 CATIA 软件对非对称钢拱塔斜拉桥正向设计应用进行了有益探索,提出了针对航道钢桥的整体建模设计思路,结合主梁、塔柱、拉索和锚箱

等不同构件的特征采用了针对性的解决方案。今后的项目可在此基础上进一步挖掘其应用性,以期提高智能化设计效率。

参考文献:

- [1] 窦存杰,董锦坤,贾君. BIM 技术国内外研究现状综述[J]. 辽宁工业大学学报(自然科学版),2021,41(4):245-249.
- [2] 傅战工,郭衡,张锐,等. BIM 技术在常泰长江大桥主航道桥设计阶段的应用[J]. 桥梁建设,2020,50(5):90-95.
- [3] 张亚,山锋. BIM 技术在桥梁工程中的应用[J]. 价值工程,2020,39(7):266-267.
- [4] 张泽,刘军. BIM 技术在景观桥梁设计中的应用[J]. 城市道桥与防洪,2019(12):181-183.
- [5] 张晖. BIM 技术在棋盘洲长江公路大桥北锚碇施工中的应用[J]. 世界桥梁,2021,49(1):89-94.
- [6] 秦海洋,汤永净,陈智远. 基于 CATIA 的 BIM 技术在隧道设计中的应用[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版),2021,40(7):82-87.

(上接第 64 页)

深入的探索。

随着转体桥梁应用的增多,传统的转体桥合龙工艺存在着较大的安全隐患,钢壳这种集模板、结构于一体的新型施工方法应用前景将会愈发广阔,在桥梁建设中将会发挥越来越大的作用。

参考文献:

- [1] 高峰. 大跨钢管混凝土拱桥竖转施工分析及关键技术研究[D]. 西安:长安大学,2013.
- [2] 蒋立坤. 高速铁路桥梁转体配重设计及钢壳合龙关键技术研究[D]. 兰州:兰州交通大学,2020.
- [3] 赵英年. 跨既有铁路转体连续梁钢壳法合龙技术初探[J]. 建筑技术开发,2021,48(2):126-127.

- [4] 田小路. 转体连续梁中跨合龙钢壳法施工技术应用研究[J]. 铁道建筑,2019,59(11):29-32.
- [5] 刘正飞,王常峰,窦国昆,等. 转体施工连续梁中跨钢壳法合龙方案改进及分析[J]. 铁道建筑,2018,58(5):31-33.
- [6] 贾优秀. 跨既有铁路转体连续梁钢壳法合龙技术[J]. 施工技术,2016,45(11):42-45.
- [7] 陈俊波. 钢壳合龙技术在跨越既有铁路施工中的应用[J]. 铁路技术创新,2018(5):59-63.
- [8] 戴小松,谢小飞,张月邈,等. 小净空上跨营业线连续梁中跨合龙吊架施工关键技术[J]. 施工技术,2018,47(5):55-57,82.
- [9] 李卫平. 桥梁转体施工过程中球铰应力研究[J]. 现代城市轨道交通,2020(2):26-31.
- [10] JGJ 162—2008,建筑施工模板安全技术规范[S].