

DOI: 10.7672/sgjs2025240046

全胶拼曲线连续梁节段预制 BIM 模型 及应用*

段 愉¹, 李 俊¹, 孙洪斌², 陈 钰³, 谭青明⁴(1. 西南交通大学, 四川 成都 610031; 2. 山东铁路投资控股集团有限公司,
山东 济南 250102; 3. 山东省路桥集团有限公司, 山东 济南 250014;
4. 中铁二局集团有限公司, 四川 成都 610031)

[摘要] 利用 Revit 软件和参数化建模思路,建立了某高速铁路节段预制全胶接拼装预应力混凝土梁预制阶段 BIM 模型;利用 Navisworks 软件对节段梁各构件进行碰撞检查,提出设计阶段利用 BIM 模型对预应力管道和普通钢筋位置进行优化;基于预制阶段 BIM 模型,对预制阶段工程量进行统计,对模板配置提供帮助,可视化施工流程和管理施工人员、设备;利用 BIM 软件可对节段梁预制尺寸虚拟误差进行分析且提前进行处理,便于后续预制施工,辅助节段梁预制阶段的高精度尺寸和线形控制。

[关键词] 桥梁;建筑信息模型;节段拼装梁;预制;参数化;碰撞检查;高精度

[中图分类号] U445

[文献标识码] A

[文章编号] 2097-0897(2025)24-0046-07

Segmental Precast BIM Model and Application of Fully Glued Curved Continuous Girders

DUAN Yu¹, LI Jun¹, SUN Hongbin², CHEN Yu³, TAN Qingming⁴(1. Southwest Jiaotong University, Chengdu, Sichuan 610031, China;
2. Shandong Railway Investment Holding Group Co., Ltd., Jinan, Shandong 250102, China;
3. Shandong Luqiao Group Co., Ltd., Jinan, Shandong 250014, China;
4. China Railway No. 2 Engineering Group Co., Ltd., Chengdu, Sichuan 610031, China)

Abstract: Using Revit software and parametric modeling ideas, a BIM model for the prefabrication stage of a high-speed railway segmental precast fully glued spliced prestressed concrete girder is established; Navisworks software is used to perform collision check on the various components of the segmental girder, and it is suggested that the BIM model is used in the design stage for optimization of the location of prestressing pipelines and ordinary reinforcement; Based on the BIM model for prefabrication stage, it can make statistics on the engineering quantity of prefabrication stage, provide help for formwork configuration, visualize the construction process, manage the construction personnel and equipments; BIM software can be used to analyze the virtual error of prefabrication size of segmental girders and deal with it in advance, which is convenient for the subsequent prefabrication construction, and it can assist in controlling the high-precision size and linear shape of the prefabrication stage of the segmental girders.

Keywords: bridges; building information modeling (BIM); segmental assembled girders; prefabrication; parameterization; collision check; high precision

0 引言

在桥梁领域,通常采用二维软件 CAD 进行设计和施工,图纸信息没有互通和汇总,设计思路无法快速调整,施工进度无法把控,导致工作效率低,常出现错误,施工工期延误。近些年来,BIM 的出现提供了一种桥梁设计和施工新思路,BIM 的信息化、可

* 山东省交通运输厅科技计划(2024B94);山东铁投集团科技计划:高速铁路无砟轨道超宽混凝土连续梁高性能建造技术研究(TTKJ2024-07)

[作者简介] 段 愉,硕士研究生,E-mail:duanyu_0711@163.com

[收稿日期] 2024-10-11

视化、参数化、标准化和协同共享的优点为桥梁参数化设计、可视化施工和工程量汇总提供了极大便利。

但目前 BIM 在桥梁领域应用范围较窄,大部分应用实例着重于参数化建模。董耀文等依托乐清湾大桥和部分参数化建模实例,剖析了 BIM 参数化建模情况;汪逊完成了 35~55m 跨径范围的节段预制拼装梁的参数化构件模块族库的构建,且以标准跨径模型为例,详细说明并总结了参数化建模流程和设计方法;徐领等通过参数化技术建立了高速铁路预制装配梁 BIM 模型;李红豫等采用 Revit 软件参数化构建了东州湘江大桥模型;陶建军等构建了节段典型断面模板库,利用 BIM 参数化技术构建了节段梁三维精细化模型。

本文主要基于某高速铁路节段预制全胶接拼装预应力混凝土梁预制阶段 BIM 模型对 BIM 技术应用进行了详细说明和扩展,可为后续 BIM 在桥梁领域的应用提供参考。

1 节段梁预制 BIM 模型

节段预制胶拼梁为曲线梁,位于缓和曲线及半径 5 500m 曲线上,1 联总长为 167.85m,计算跨径为 (55.075+56+55.075) m,边支座中心线距梁端 0.85m,单侧梁缝 0.075m。截面采用单箱单室等高度连续箱梁,截面中心梁高 4.215m。箱梁顶宽 12.6m、底宽 5.5m,箱梁顶板厚 0.38~0.63m、底板厚 0.4~0.6m、腹板厚 0.5~0.9m。节段梁采用 C60 混凝土。接缝面剪力键采用密键布置形式,剪力键采用梯形。预应力钢束有 15-17,15-19,15-20,15-22 4 种类型。采用 HPB300,HRB400 钢筋。一般预制节段长 4.5,4.8m,0 号块和梁端节段为减小吊重分别长 3.5,3.775m。

混凝土梁、剪力键和预应力管道 BIM 模型采用 Revit 软件中的公制框架模型-梁和支撑族样板建立,通钢筋采用项目文件中的钢筋选项卡建立。

1.1 混凝土梁

节段混凝土梁预制阶段 BIM 模型采用 Revit 软件中的公制框架模型-梁和支撑族样板建立,利用参数化建模思路快速准确建立全部节段。参数化建模前,先对节段混凝土梁进行简单拆分,分为内、外轮廓。确定内、外轮廓尺寸并对各尺寸标注进行参数化处理,如图 1 所示。尺寸参数化后,外轮廓采用放样或放样融合、内轮廓采用空心放样或空心放样融合建立。后续其余节段可通过尺寸驱动参数,进而实现预制构件模型的快速建立和调整。模型建立后,更改模型材质为混凝土-预制混凝土。胶拼梁

预制节段 BIM 模型如图 2 所示,节段胶拼梁全桥 BIM 模型如图 3 所示。

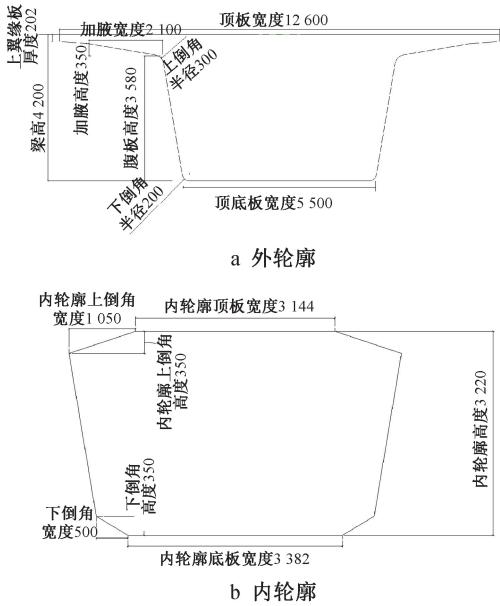


图 1 节段梁尺寸参数化

Fig. 1 Dimension parameterization of segmental girders

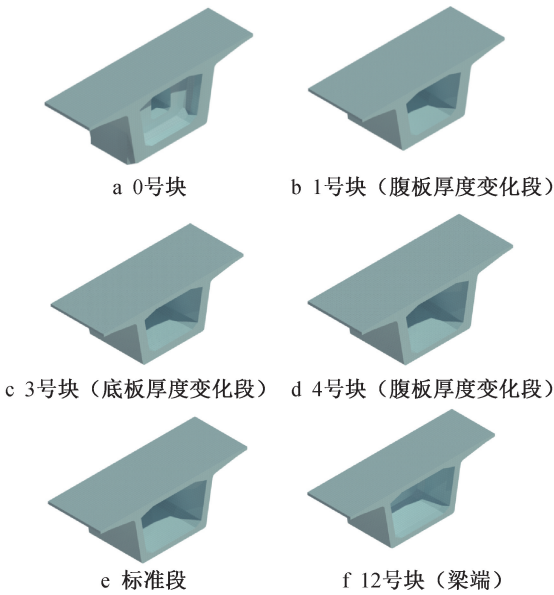


图 2 胶拼梁预制节段 BIM 模型

Fig. 2 BIM model of prefabricated segment of glued spliced girder

虽然该节段梁为曲线梁,但其是采用以折代曲设计,故可考虑多节段折线来模拟全跨曲线。建立各节段 BIM 模型前,先采用 CAD 软件将各节段折线划分出来,再按上述方法建立模型,该多节段折线形式如图 4 所示。

1.2 剪力键

节段梁接缝面剪力键采用密键布置形式,剪力

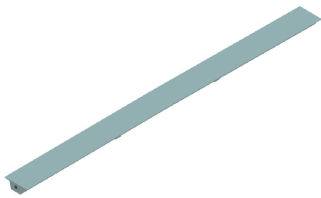


图 3 节段胶拼梁全桥 BIM 模型

Fig. 3 BIM model of the whole bridge of segmental glued spliced girder

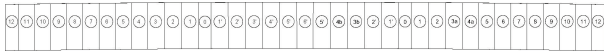


图 4 多节段折线模拟全跨曲线

Fig. 4 Multi-segment broken line simulating full-span curve

键采用梯形。腹板剪力键高 5cm,顶宽 5,10cm,根部宽 15,20cm;顶、底板剪力键高 5cm,顶宽 5,10cm 或 20cm,根部宽 15,20cm 或 30cm。其建立过程与混凝土梁类似,利用放样融合和空心放样融合命令建立节段接缝面剪力键和剪力键槽。剪力键根据根部宽可分为 15,20,30cm 3 种类型。剪力键秘剪力键槽 BIM 模型如图 5 所示,1 号块剪力键与剪力键槽 BIM 模型如图 6 所示。

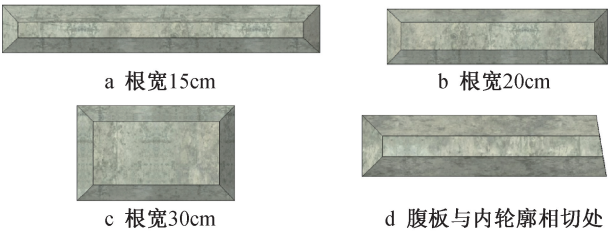


图 5 剪力键 BIM 模型

Fig. 5 BIM model of shear key

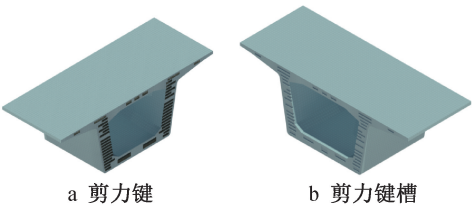


图 6 1 号块剪力键与剪力键槽 BIM 模型

Fig. 6 BIM model of shear key and shear key way of block 1

1.3 预应力管道

预应力管道采用预埋塑料波纹管成孔,根据孔道位置在固定端模上开设螺栓孔,通过螺栓将锥形硬橡胶塞锚固在端模上。利用 Revit 软件中的公制结构框架模型-族样板对预应力管道进行绘制,内径 115mm 波纹管 BIM 截面如图 7 所示,对节段梁利用

空心放样和空心放样融合将预应力管道空间空余出来,绘制完毕后,节段梁与预应力管道一同导入项目文件中进行放置,再利用复制和移动命令将预应力管道与节段梁组合,如图 8 所示。

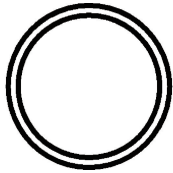


图 7 内径 115mm 预应力波纹管 BIM 截面

Fig. 7 BIM cross section of a prestressed corrugated pipe with an inner diameter of 115mm

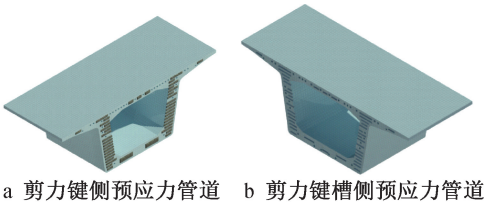


图 8 预应力管道截面

Fig. 8 Section of prestressed pipeline

1.4 普通钢筋

节段梁普通钢筋采用光圆钢筋和螺纹钢筋,整个节段梁的普通钢筋直径在 12~22mm。梁体预制节段钢筋应整体绑扎、整体放入模板。先进行底板及腹板钢筋绑扎,然后进行顶板钢筋绑扎,当梁体钢筋与预应力钢筋相碰时,可适当移动梁体钢筋或进行适当弯折。梁体钢筋最小净保护层厚度除顶板顶面为 30mm 外,其余均为 35mm,绑扎铁丝的尾段不应伸入保护层内。

在 Revit 软件中,普通钢筋建立需在项目文件中处理,在项目文件结构选项内的钢筋选项卡可设置节段梁的保护层厚度和钢筋形状,钢筋形状可采用软件内自带的库建立,也可绘制库内暂无的钢筋形状。建立钢筋形状后,在属性栏对钢筋直径和类型进行对应选取。建立完钢筋形状后,根据图纸布置钢筋,主要利用钢筋集的布局选项对钢筋进行布置。通过钢筋集的布局、复制和阵列建立整个节段钢筋,节段梁普通钢筋布置如图 9 所示。

2 节段预制 BIM 模型应用

基于节段梁预制阶段 BIM 模型,对节段梁进行部件碰撞检查、模板配置、工程量统计、可视化施工流程及预制尺寸虚拟误差分析和施工人员及设备管理,可为优化图纸、缩短施工工期和控制施工成本提供帮助。

2.1 碰撞检查

对于节段胶拼梁 BIM 模型而言,碰撞检查是



图 9 节段梁普通钢筋布置

Fig. 9 Ordinary steel bar layout of segmental girder

BIM 模型应用的一个重要部分,利用碰撞检查可显著提高工作效率,可发现不同专业图纸或不同构件的碰撞点或重叠构件,并直观地给出位置坐标,为修改图纸提供了极大便利。在桥梁领域,碰撞检查技术也经历了快速发展。目前,碰撞检查比较成熟的软件为 Navisworks, Navisworks 可整合 CAD 或 Revit 的文件,也可打开各种类型的文件,基本包含所有土木工程领域常用软件格式。

Navisworks 软件中碰撞检查流程也较简单,主要分 5 步,分别为整合 BIM 模型、导出 NWC 类型文件并导入 Navisworks、碰撞检查设置、运行碰撞检查和分析碰撞检查结果,其中主要步骤为整合 BIM 模型和碰撞检查设置。整合 BIM 模型主要是用于确认碰撞检查主体,碰撞检查设置主要考虑硬碰撞、硬碰撞(保守)、间隙与重复项 4 种碰撞类型和不同大小的碰撞公差。碰撞检查流程如图 10 所示。

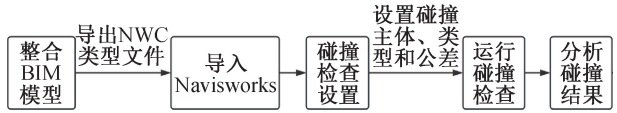


图 10 碰撞检查流程

Fig. 10 Collision check flow

2.1.1 预应力管道与剪力键

节段胶拼梁需考虑预应力钢束与剪力键齿之间的碰撞,因该节段梁顶板、腹板和底板都存在剪力键且剪力键密集,所以预应力管道与剪力键常易出现碰撞,而可视化的 BIM 模型可很直接地反映出来,可及时发现并解决。

根据碰撞检查流程图,首先在 Revit 软件中整合节段梁和预应力管道,如图 11 所示,整合完后导出 NWC 类型文件;打开 Navisworks 软件,设置碰撞主体 A 为预应力钢束管道、碰撞主体 B 为剪力键,设置碰撞类型为硬碰撞,公差为 0.001m;运行碰撞检查,检查结果为无碰撞点,如图 12 所示,则预应力钢束管道与剪力键未发生碰撞。

2.1.2 预应力管道与普通钢筋

对体内预应力体系桥梁来说,预应力钢束管道与普通钢筋间的碰撞检查是重点,因施工单位使用

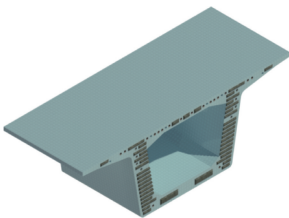


图 11 剪力键与预应力钢束管道 BIM 整合模型

Fig. 11 BIM integration model of shear key and prestressed steel bundle pipe

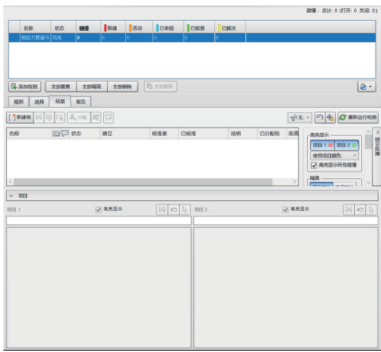


图 12 剪力键与预应力钢束管道碰撞检查结果

Fig. 12 The result of the collision check between shear key and prestressed steel bundle pipe

的图纸大部分情况下为二维的,无法体现实际情况,而且桥梁的普通钢筋布置过于密集且数量大,施工过程中预应力管道和普通钢筋常出现碰撞问题,从而延误施工进度,利用碰撞检查预应力管道和普通钢筋的碰撞点可快速调整普通钢筋位置,从而提高施工效率。

预应力钢束管道和普通钢筋碰撞检查,碰撞主体 A 设置为普通钢筋,碰撞主体 B 设置为预应力钢束,碰撞类型选择硬碰撞,公差为 0.001m。对结果进行校核发现,顶板和翼缘板处存在钢筋和预应力管道位置重叠即发生碰撞,如图 13 所示。修改普通钢筋 N3,取消 N3 末端的弯钩,移动普通钢筋 N2',避免预应力管道与普通钢筋碰撞。修改完成后再次进行碰撞检查,检查结果为两者无碰撞点。

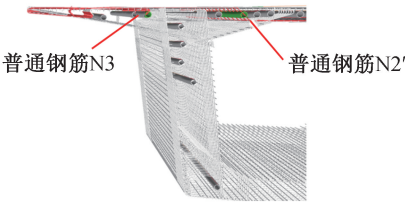


图 13 预应力钢束管道与普通钢筋碰撞点

Fig. 13 Collision point between prestressed steel bundle pipe and ordinary steel bar

2.1.3 普通钢筋

普通钢筋间的碰撞检查主要包含两部分,一部

分为硬碰撞检查,另一部分为重叠项检查。因为普通钢筋过于密集且数量较大,在 Revit 软件中建立过程中常出现重复建立或 2 根钢筋碰撞公差较大。在 Revit 软件中建立普通钢筋过程中需考虑普通钢筋直径,因 Revit 软件是以钢筋中心线来建立钢筋轮廓,若不考虑钢筋直径则会出现碰撞检查公差较大情况。若出现碰撞公差较大情况,可利用钢筋检查的碰撞点及其坐标,再返回该节段的项目文件进行移动修改,修改完一处后,可返回 Navisworks 软件在碰撞点状态栏修改为已解决。

在碰撞检查设置中,碰撞主体 A、B 均设置为钢筋,碰撞类型选择硬碰撞,公差为 0.001m,检查 2 根钢筋是否发生碰撞。再次建立碰撞检查设置,只修改碰撞类型为重复项,检查普通钢筋是否相同位置重复建立,检查结果均为无碰撞点。

2.1.4 预埋件与普通钢筋

预埋件主要用于接触网支柱和防撞墙后续安装,接触网立柱预埋件由预埋钢板和螺栓组成,防撞墙预埋件为 $\phi 16$ 钢筋,采用 Revit 软件建立接触网立柱预埋件族文件和防撞墙预埋件,如图 14 所示。

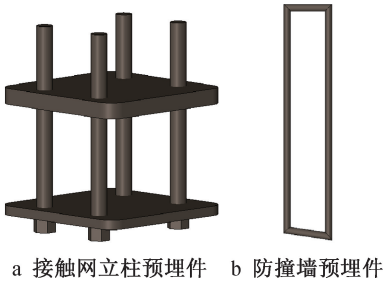


图 14 预埋件 BIM 模型

Fig. 14 BIM model of embedded parts

因预埋件需较密集设置且是预埋在节段梁内,所以对预埋件与普通钢筋进行碰撞检查尤为重要。预埋件和普通钢筋碰撞检查,碰撞主体 A 设置为预埋件,碰撞主体 B 设置为普通钢筋,碰撞模型如图 15 所示,碰撞类型选择硬碰撞,公差为 0.001m。对结果进行校核,检查结果为两者无碰撞点。

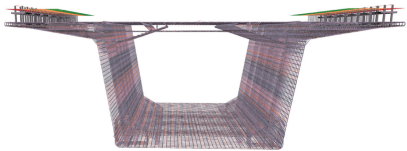


图 15 预埋件与普通钢筋碰撞检查

Fig. 15 Collision check between embedded parts and ordinary steel bar

2.2 模板配置

预制前,节段预制梁需考虑模板是否匹配,若

模板匹配,预制梁尺寸误差减小,后续打磨或修正预制梁尺寸施工时间将缩短。根据预制梁实际 BIM 模型尺寸配置模板将显著缩短施工时间,便于控制后续预制节段尺寸。外模尺寸根据节段长度有 4 种,且因胶拼梁外轮廓除 0 号块外基本一致,所以外模配置是决定节段梁是否匹配的关键,利用节段梁 BIM 模型建立外模 BIM 模型,如图 16 所示,可为后续施工模板配置和调配提供参考,也可为预制节段流程可视化提供帮助。

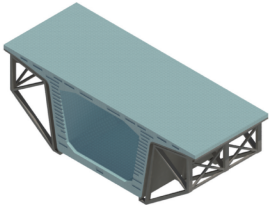


图 16 外侧模系统

Fig. 16 Outer formwork system

2.3 工程量统计

桥梁模型建立好后,BIM 软件可对整个桥梁模型工程量进行统计。桥梁模型建立过程中设置材料材质和类别,方便工程量计算。工程量可通过视图选项卡中明细表统计,在明细表中可根据项目需要选择不同类别统计工程量。若明确各材料单价,只需在构件族文件中创建单价共享参数,BIM 软件便可根据单价和工程量对其进行统计计算。

工程量统计最重要的为普通钢筋用量和节段质量,工程量统计不仅可统计普通钢筋类别、直径、编号和长度等,还可统计项目负责人、施工班组、施工时间和技术人员,只需根据需求选择不同导出类别即可,如图 17 所示。节段质量可通过 BIM 计算得出,如图 18 所示。

◀节段量钢筋明细表▶						
A	B	C	D	E	F	G
类型	主体类别	样式	钢筋体积	钢筋直径	钢筋长度	钢筋编号
12 HRB400	结构框架	标准	556.44 cm ³	12 mm	4920 mm	9
12 HRB400	结构框架	标准	12216.77 cm ³	12 mm	4910 mm	11
12 HRB400	结构框架	标准	2776.54 cm ³	12 mm	4910 mm	11
12 HRB400	结构框架	标准	556.44 cm ³	12 mm	4920 mm	9
12 HRB400	结构框架	标准	556.31 cm ³	12 mm	4910 mm	11
12 HRB400	结构框架	标准	11051.67 cm ³	12 mm	4910 mm	11
12 HRB400	结构框架	标准	556.44 cm ³	12 mm	4920 mm	9
12 HRB400	结构框架	标准	12216.77 cm ³	12 mm	4910 mm	11
12 HRB400	结构框架	标准	2776.54 cm ³	12 mm	4910 mm	11
12 HRB400	结构框架	标准	556.44 cm ³	12 mm	4920 mm	9
12 HRB400	结构框架	标准	556.31 cm ³	12 mm	4910 mm	11
12 HRB400	结构框架	标准	11106.16 cm ³	12 mm	4910 mm	11
12 HRB400	结构框架	标准	556.44 cm ³	12 mm	4920 mm	9

图 17 普通钢筋统计

Fig. 17 Statistics of ordinary steel bar

2.4 节段施工表与可视化

根据现场调研和资料统计,结合国内相似工程的施工经验及对各工序进行的分析,预制 1 榀节段梁所用时间分配如表 1 所示。考虑到各工序间的衔接因数不可能绝对无间隙,考虑乘以系数 1.05,则

节段梁重量统计表				
A	B	C	D	E
段	材料:名称	体积	密度(kg/m³)	重量(kg)
1号块-1	胶拼梁	67.18 m³	2400	174674.89
2号块	胶拼梁	74.64 m³	2400	154070.33
3号块	胶拼梁	67.05 m³	2400	174620.74
4号块	胶拼梁	61.64 m³	2400	162963.88
5号块	胶拼梁	52.77 m³	2400	137210.15
6号块	胶拼梁	49.63 m³	2400	129048.57
7、8号块	胶拼梁	49.63 m³	2400	129017.93
9、10号块	胶拼梁	49.63 m³	2400	129040.44
11、12号块	胶拼梁	49.63 m³	2400	129040.44
13号块	胶拼梁	49.64 m³	2400	129058.29
14号块	胶拼梁	49.63 m³	2400	129031.75
15号块	胶拼梁	49.64 m³	2400	129057.93
16号块	胶拼梁	63.66 m³	2400	165520.41
17号块	胶拼梁	63.66 m³	2400	165520.41
18号块	胶拼梁	61.70 m³	2400	164423.60
19号块	胶拼梁	56.07 m³	2400	145794.11
20号块	胶拼梁	52.94 m³	2400	137642.53
21号块-001	胶拼梁	49.85 m³	2400	129601.42
22号块	胶拼梁	52.94 m³	2400	137642.53
23号块	胶拼梁	67.05 m³	2400	174320.74
24号块	胶拼梁	63.66 m³	2400	165520.41
25号块	胶拼梁	74.64 m³	2400	194070.33

图 18 节段质量统计

Fig. 18 Statistics of segment weight

单片梁需占用台座时间约为 48h。短线法预制时需考虑钢筋绑扎时间及等强时间,占用台座时间约为 4d。

表 1 预制节段梁生产周期

Table 1 Production cycle of segmental precast girder			
序号	项目	持续时间/h	备注
1	匹配面及模板表面处理	2	
2	钢筋吊装	1	采用长线法预制台座,梁体预制完成后暂不吊运,0,12号块节段在短线法制梁台座预制完成后吊装到位
3	内模、预埋件安装	2	
4	检查验收	1	
5	混凝土浇筑	3	
6	混凝土养护	36	
7	模板拆除	1	

为保证节段预制有序进行,建立了完整细致的工艺流程。0,12 号块节段在短线法制梁台座进行预制,养护到位后吊装到长线法制梁台座相应位置,然后进行其余节段施工,1 个梁段的工艺流程为:0,12 号块节段底模清理→0,12 号块节段钢筋绑扎→0,12 号块节段内模安装→0,12 号块节段顶板钢筋绑扎→0,12 号块节段安装预埋件→0,12 号块节段混凝土浇筑→0,12 号块节段养护→0,12 号块节段拆模→0,12 号块节段移梁→0,12 号块节段调整到位→其余节段底模清理→其余节段钢筋绑扎→其余节段内模安装→其余节段顶板钢筋绑扎→其余节段安装预埋件→其余节段混凝土浇筑→其余节段养护→其余节段拆模→其余节段移梁。

可利用 BIM 软件对实际预制施工阶段建立模型,使施工阶段可视化、施工流程更加详细。部分施工流程可视化如图 19 所示。

2.5 节段预制尺寸虚拟误差分析及预处理

节段梁预制阶段监控目标为:提供每联 3 跨连续梁在无应力状态下的准确初始线形。在长线法制梁台座上,该联制造线形和理论计算的预制线形接近。该联制造线形在经历正确的拼装施工后,二

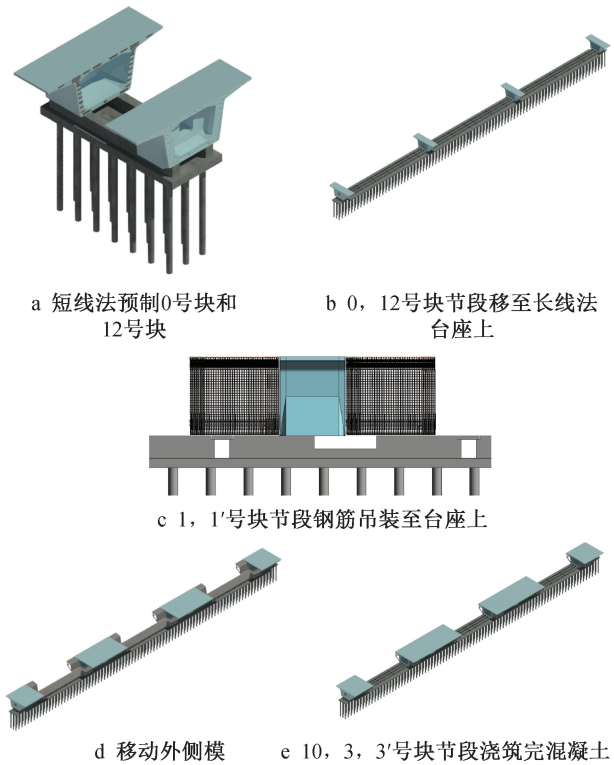


图 19 部分施工流程可视化

Fig. 19 Part of construction process visualization

期恒载加载完毕,实际成桥线形与设计成桥线形误差满足规范要求。

节段梁的理论预制线形一经确定,通过长线法制梁台座的节段三维尺寸和位置测量、底座初始线形测量、外模平面和高程测量及梁面测点监控,不断修正短线法制梁台座上的 0,12 号块节段制造误差,以及调控修正长线法制梁台座上的匹配节段制造误差,保证待浇筑节段制造后误差逐渐减小。

可利用 BIM 模型和现场测量结果对节段预制尺寸进行预处理,考虑 0,12 号块节段制造误差,对后续节段进行修正。长线法预制其他节段时也可考虑调整后续节段的模板来减小误差。假设 11 号块制造误差顶板线路右侧比左侧少 23mm,则 10 号块的顶板线路两侧可调整模板对其修正,10 号块顶板线路右侧比左侧多 23mm 进行修正,如图 20 所示。

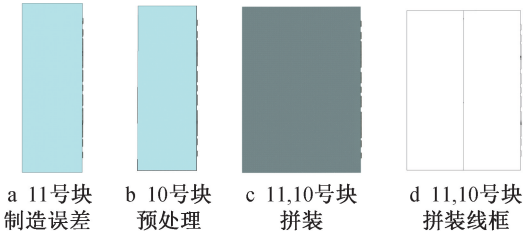


图 20 模拟 11,10 号块节段误差

Fig. 20 Simulated segment errors of block 11 and block 10

2.6 施工人员与施工设备管理

一般情况下预制场设专人负责,设置作业队长 1 名,负责预制场全面管理,以及制梁、架梁施工工作,主要工作为根据当前施工阶段统一协调施工班组和施工设备。利用预制阶段可视化 BIM 模型,作业队长可根据当前各预制阶段统计施工人员数量和各施工人员工作位置,便于安全管理,防止出现异常情况,也可统计并管理施工设备,可提高设备使用效率、缩短施工工期。

3 结语

通过节段全胶拼曲线梁预制阶段模型建立和具体实施,对 BIM 技术的应用进行了详细说明。

1)具体建立节段全胶拼曲线梁预制阶段 BIM 模型,普通钢筋、预应力管道无碰撞,预应力管道定位偏差 3mm,主钢筋位置偏差 10mm,节段外轮廓尺寸偏差 3mm。

2)参数化节段梁内、外轮廓尺寸,后续通过尺寸驱动参数快速建立节段梁模型。

3) Navisworks 软件中的碰撞检查流程为整合 BIM 模型、导出 NWC 类型文件并导入 Navisworks、碰撞检查设置、运行碰撞检查和分析碰撞检查结果。

4)预应力管道与剪力键、普通钢筋间和预埋件与普通钢筋间碰撞检查结果为无碰撞点,预应力管道与普通钢筋间有碰撞点,建议设计阶段利用 BIM 模型对图纸进行优化。

5)利用 BIM 模型可对预制阶段工程量进行统计,为模板配置提供帮助和可视化施工流程。

6)利用 BIM 软件可对节段梁预制尺寸虚拟误差进行分析和提前处理,便于后续预制施工,为预制阶段节段梁高精度尺寸控制提供帮助。

7)利用施工流程可视化来管理施工人员和设备。

参考文献:

[1] 董耀文,王显臣,张胜超. 乐清湾大桥基于 Revit 软件的桥梁 BIM 模型参数化设计初探[J]. 公路,2016,61(9):161-164.
DONG Y W,WANG X C,ZHANG S C. Parametric design of BIM model of Yueqing Bay Bridge based on Revit software [J]. Highway,2016,61(9):161-164.
[2] 汪逊. 节段预制拼装桥梁的建筑信息模型(BIM)关键技术研究[D]. 南京:东南大学,2016.
WANG X. Research on key technologies of building information modeling (BIM) for segal prefabricated bridge [D]. Nanjing:

Southeast University,2016.
[3] 徐领,刘锦成,雷文斌. BIM 在高速铁路预制装配连续梁中的应用研究[J]. 建筑技术开发,2020,47(10):89-90.
XU L,LIU J C,LEI W B. Application research of BIM in prefabricated continuous beam of high-speed railway[J]. Building technology development,2020,47(10):89-90.
[4] 李红豫,李恒,吴悦,等. 基于 BIM 的东洲湘江大桥参数化设计应用研究[J]. 公路,2020,65(11):173-178.
LI H Y,LI H,WU Y,et al. Application study of BIM-based parametric design of the Dongzhou Xiangjiang Bridge [J]. Highway,2020,65(11):173-178.
[5] 陶建军,王荡,于长海,等. 预制节段梁桥精细化 BIM 模型构建及平台可视化应用[J]. 公路,2021,66(12):154-158.
TAO J J,WANG D,YU C H,et al. Construction of refined BIM model of precast segmental beam bridge and application of platform visualization[J]. Highway,2021,66(12):154-158.
[6] 杨成方,王珊珊,瞿志林,等. BIM 技术在预制悬拼桥梁施工中的应用研究[J]. 建筑科技,2023,7(6):62-64.
YANG C F,WANG S S,QU Z L,et al. Application research of BIM technology in prefabricated suspension bridge construction [J]. Building technology,2023,7(6):62-64.
[7] 杨乾. UHPC 节段预制拼装梁桥标准化设计与 BIM 应用研究[D]. 成都:西南交通大学,2021.
YANG Q. Research on standardized design and BIM application of UHPC segment prefabricated girder bridge [D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University,2021.
[8] 李世伟. 基于 BIM 的短线预制拼装连续刚构桥施工监控研究[D]. 北京:北京建筑大学,2020.
LI S W. Research on construction monitoring of short-line prefabricated and assembled continuous rigid frame bridge based on BIM [D]. Beijing:Beijing University of Civil Engineering and Architecture,2020.
[9] 赵奇. 基于 BIM 技术的曲线变截面连续梁桥设计应用研究[D]. 兰州:兰州交通大学,2021.
ZHAO Q. Research on design application of curved continuous beam bridge with variable section based on BIM technology [D]. Lanzhou:Lanzhou Jiatong University,2021.
[10] 王志强,周为,于海龙,等. BIM 技术在建筑设计中的应用研究[J]. 城市建筑空间,2024,31(4):120-122.
WANG Z Q,ZHOU W,YU H L,et al. Application of BIM technology in architectural design stage[J]. Urban architecture space,2024,31(4):120-122.
[11] 梁志刚,宋子鑫,黄昊. BIM 技术在建筑设计中的应用及推广策略[J]. 城市建筑空间,2023,30(3):119-121.
LIANG Z G,SONG Z X,HUANG H. Application and promotion strategy of BIM technology in architectural design [J]. Urban architecture space,2023,30(3):119-121.