

浙江路桥大修工程的数字化实践与应用

陈柳花, 蒋海里

[上海公路桥梁(集团)有限公司, 上海市 200433]

摘要: 随着数字化技术在桥梁工程中的快速发展,越来越多的桥梁在设计阶段和施工阶段都有深度运用,但是桥梁大修工程中的应用目前较少^[1-2]。依托浙江路桥大修工程,详细介绍了文物铆钉钢桁架桥大修过程中的数字化应用,如三维模型参数化建立、方案三维动态模拟、三维激光点云扫描、手持式白光扫描等,为以后类似桥梁的修缮提供一定的数字化参考。

关键词: 老桥大修;参数化;点云扫描;比对分析

中图分类号: TP317

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)05-0232-04

1 工程概况

浙江路桥是位于上海市区苏州河上的桥梁,南接黄浦区浙江中路,北连闸北区(现属静安区)浙江北路,为鱼腹式钢桁架结构桥梁。桥梁跨度 59.75 m,桥宽 14.352 m,主桁中心距 7.32 m,两侧非机动车道宽 2.16 m,人行道宽 1.08 m,如图 1 所示。

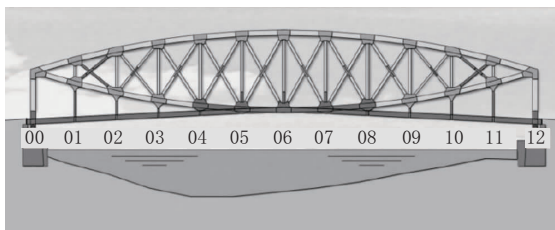


图 1 老桥结构及编号(红色为更换部件)

浙江路桥建成于 1908 年,迄今已有 100 a 的历史,属于上海市市级文物。作为一座运营时间超过百年的老桥,虽然在 1924 年、1955 年、1972 年、1976 年、1986 年、1993 年、2008 年经过部分结构的修缮和一次大修,但是主桥长期遭受环境侵蚀、荷载作用和结构自然退化,已经出现了较为严重的病害,拟进行一次全桥大修。作为市级文物,为保持百年历史风貌,老桥修缮秉承“修旧如旧”的原则。

大修总体方案分为 3 个部分——老桥的移卸、钢结构大修、新桥复位,即上部结构整体移运至北岸维修场地,利用重型机械将桥梁移位到厂房内,拆除原有横向联系和部分竖杆并安装新的结构,最后再

将上部结构整体移动至原桥位。

2 项目特点与策划

本项目有几个特点:

(1)设计施工总承包项目:设计可以考虑施工工艺、施工过程中结构安全的要素。

(2)百年老桥:全过程的变形控制、安全问题,百年结构的误差测量。

(3)工艺特殊:移桥过程涉及“海陆空”动态动作繁多、厂房内新老构件更换。

(4)社会关注度高:要求施工精细化。

(5)专业承包商较多,需要技术协调的工作业很多。

(6)扫描技术的质量控制:老桥改造上运用三维扫描为国内首次。

本项目派驻一名资深 BIM 工程师负责协调本项目的数字化应用,多名中级 BIM 工程师配合的模式,制作施工模拟时将一名 BIM 工程师派驻项目部现场和分包一起办公。

在软件的选取上,采用多款 BIM 软件。主桥模型建立过程中运用了美国天宝公司的 Tekla、Dassault 公司的 CATIA,施工机具设备的建立运用了美国天宝公司的 SketchUp。方案模拟采用了欧特克公司的 3D Max 渲染软件。桥梁数据采集采用了美国天宝的三维激光点云扫描仪 TX5。点云数据处理上采用了杰魔公司的 Geomagic control。节点板的数据采集采用了加拿大 Creaform 公司的 GO!SCAN。模型的浏览采用了一款轻量化的软件——Tekla BIMsight。

收稿日期: 2022-07-12

基金项目: 上海市科学技术委员会科研计划(18DZ1201200)

作者简介: 陈柳花(1988—),女,硕士,高级工程师,从事 BIM 相关工作。

3 三维模型的建立及应用

3.1 主桥模型的建立

浙江路桥的建模分为两个阶段。阶段一:采用达索公司 CATIA V5 软件,建立不含节点细节的粗模型,主要用于施工方案动态三维模拟。阶段二:采用 TEKLA 公司的 TEKLA STRUCTURE 20.0 软件建立节点的信息化模型,如图 2 所示。主桥的连接形式采用铆钉连接。由于此工艺为一百年前的施工工艺,现已失传,现有的 BIM 软件中都没有现成的铆钉模型,故在工程项目初期建立无铆钉模型进行方案比较及施工方案动态模拟。随后在大修过程中建立带有节点信息化的浙江路桥模型,记录相关的施工信息,为日后运营做数据储备。

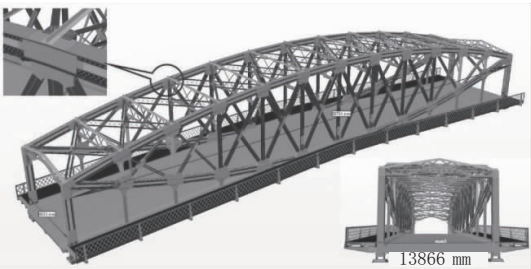


图 2 桥梁三维模型

3.2 参数化铆钉模型的建立

由于现有市面上所有的 BIM 软件中没有现成的铆钉模型,因此利用 tekla 软件的自定义功能开发了多种尺寸的参数化铆钉模型——螺杆直径为 22 mm、19 mm、16 mm,如图 3 所示。统一名称、材质和截面型材,在项目算量时直接输入名称就可自动计算出相同名称的铆钉数量。

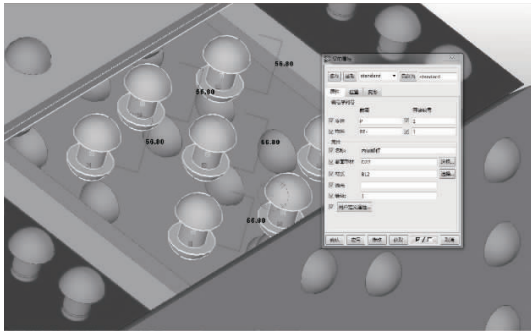


图 3 参数化的铆钉模型

3.3 临时设施的建模

浙江路桥邻近上海市中心,周边建筑物较多,场地空间狭小,为了真实反映施工过程的周边环境信息,提前指导现场施工,对施工所涉及的相关临时设施建立无信息模型,场地模型(包括周边主要建筑

物、道路主干道、河道、维修厂区、施工围挡等),600 t 履带吊(见图 4)、液压平板车(包括动力头、360°转动轮轴等)、浮箱模型,抱箍、滑移轨道、铰支座、维修厂房等。

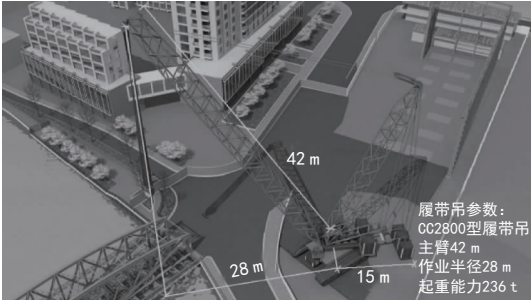


图 4 带有参数信息的履带吊模型

3.4 施工信息的录入

为了留存设计过程和施工过程的信息数据,在建立主桥模型的时候将一些相关的信息数据录入,如零件编号、零件类型、零件材质、重量、安装时间、施工单位、建设单位。同时记录新旧构件的两个安装时间:1908 年和 2015 年。

3.5 设计方案比选

根据设计图纸建立了浙江路桥新桥模型,在施工现场模型使用过程中发现主桥上防水盖板设计的不可合理性,因此结合设计人员的要求直接在新模型上修改了防水盖板的方案。由于防水盖板的构造比较异形,利用三维模型方便了设计院人员与分包之间的沟通,解决了设计无法在二维平面图纸上表达清楚的复杂情况。

3.6 铆钉数量统计

利用建立完整的浙江路桥信息化三维模型,对铆钉的数量进行统计,为 50 035 个,得到精确的数据,为后面的成本结算提供数据支撑。

随后对浙江路桥整桥进行重量统计,为履带吊的选型提供数据参数。并对浙江路桥进行拆分,分别统计单片桁、桥面系、上平联、人行道托架、人行道纵梁、人行道栏杆、吊杆等的重量。

3.7 数据交付

建立完成的浙江路桥 BIM 模型以 .ifc 格式导出到 BIMsight 软件中进行浏览查看。该软件为 TEKLA 配套的模型轻量化浏览软件,可随时用于施工现场方案讨论的三维直观表达。同时软件中也可进行模型的基本查看操作,如测量尺寸、剖切视图、标记、缩放尺寸、移动旋转、查看信息、制作基本动画等,满足多方开会时对模型方案讨论的直观需求,如图 5 所示。



图5 轻量化的浙江路桥模型浏览

4 施工工艺的三维动态模拟

4.1 移桥过程的三维动态模拟

浙江路桥老桥移运的方法是,先用水中浮箱和600 t吊机同时提起老桥往岸边移动,随后转换成600 t吊机和液压平板车同时移运老桥上岸,上岸后用两台液压平板车移运进厂房。此过程涉及“海陆空”联合作业,同步配合施工难度大,因此采用Autodesk 3Ds Max对此过程进行三维动态仿真模拟,并检查施工方案的合理性,如主桥是否与周边构筑物相碰,或者在工序安排上是否可行等。同时对其中相关的重要参数控制进行标记,如液压平板车停在离桥多少米合适(见图6)、主桥落架距离控制、浮箱移动距离等,用于真正的指导施工。

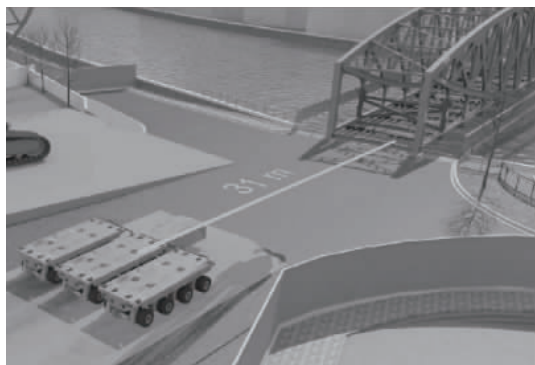


图6 液压平板车的停放距离

4.2 厂房内大修的三维动态模拟

4.2.1 主桥大修整体三维模拟

采用Autodesk 3Ds Max对主桥在厂房内大修的过程进行动态模拟。模拟过程将三维动态展示整个桥梁大修的施工过程,并检查施工方案的合理性,如可以优化主桥在工序上的安排。同时对其中相关的重要参数控制进行验证,如单片桁架拉开平移距离。

4.2.2 节点板拆换三维模拟

由于单个节点的内外面均由多块板件组成—铆钉、外侧小板、腹板、角钢、节点板、竖杆,现场拆换的顺序至关重要。因此,在需要拆换的4、5、6、7、8节点上,利用BIMsight软件进行节点的拆换动态模拟,并

指导现场施工,如图7所示。

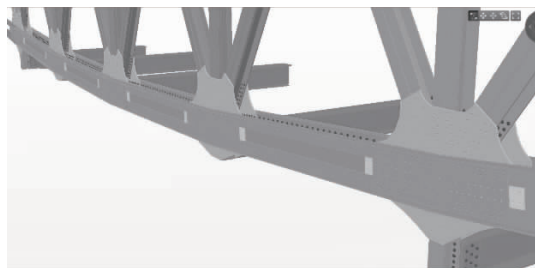


图7 节点板拆换三维模拟

5 三维激光点云扫描应用

由于浙江路桥为百年老桥,设计图纸已无法辨认,无法知道这座桥的原有尺寸,再加上经过百年的运营,老桥的变形现状无法得知,因此很有必要对浙江路桥的现有结构状态进行扫描,以便对以后确认老桥的尺寸起到很好的指导作用。同时对改造完成后的新桥进行点云扫描采集数据,为以后的运营管理提供桥梁的原始数据。因此,浙江路桥的激光点云扫描工作进行了3次:移桥前老桥的模型、新桥改造完成后在厂房内未涂装的模型、新桥移位后的模型。

将采集到的3种状态下的桥梁点云模型与BIM模型进行两两比对,利用未更换节点的竖杆作为比对基准构件,理论模型作为基准模型,点云模型利用基准竖杆往理论模型上靠齐,随后进行软件最佳拟合对齐得出最优化的偏差值,总体偏差值用云图(见图8)的形式表现,即可分析杆件变形情况,以及对成桥后的施工质量进行分析。

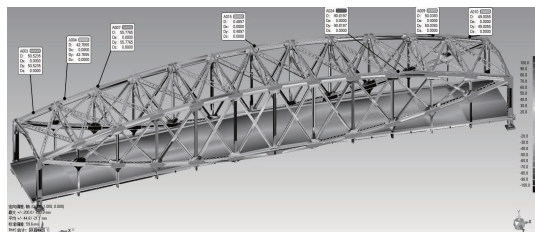


图8 桥梁比对分析结果云图

通过精细化的数据分析可得到,桥面板和更换的竖杆施工偏差误差控制在容许偏差范围内。

6 手持式高精度白光扫描应用

浙江路桥的每个节点上有诸多节点板,每块节点板上又有许多铆钉孔。由于设计图纸为100 a前的英制版本,利用图纸加工节点板的误差较大,因此只得将原有的节点板从上海运回扬州的钢结构加工厂进行。又由于大修工程时间紧迫,运输节点板所需的时间较长,因此根据项目施工的实际情况,引入高精度的三维扫描设备——白光扫描仪。其扫描精度可

以达到 1 m 内 0.1 mm。通过手持扫描仪,拟修复的节点板(4#、5#、6#、7#、8# 外侧)和螺栓孔位置,精确控制其螺栓孔的孔位,确保新老结构在连接上的精确度。

手持设备扫描完成后的数据包括一些不必要的地形数据、构件数据等,因此需要进行相关的清理工作,包括构筑物未扫描完全的修复工作,在扫描软件配套的处理设备——Vxelements 软件中进行这些工作,完成的模型数据可处理成 igs 格式。完成节点板的模型处理后,导出 .igs 格式的模型数据,再通过 Catia 软件中导出 CAD 格式,如图 9 所示。此格式的数据可以在 CAD 软件中直接捕捉点,提供给设计方进行数据的再处理。随后可以发给加工厂进行下料,可以直观地得到节点板的原始数据。

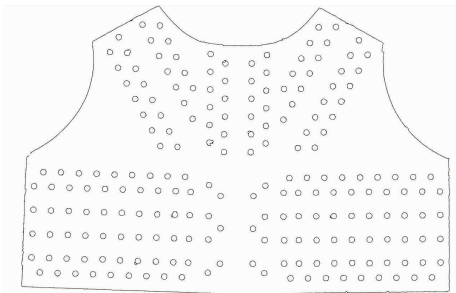


图 9 节点板转换成 CAD 二维图

7 结 语

本文全面地分析了数字化应用在百年钢桥大修

过程中带来的优势,探索出老桥维修工程项目上的一些应用点。

(1)建立详细的浙江路桥新桥模型可以完整地记录新旧构件相关的施工信息,不仅指导了大修设计,更为日后运营维修留下了信息档案。

(2)带有控制参数的施工方案三维动态模拟,起到了真正指导现场施工的意义。

(3)利用三维激光点云扫描仪记录下浙江路桥 3 种状态下的形态,并进行偏差比对,不仅可以精细化地分析施工质量,还可以为日后运营维护留下宝贵的历史基础数据。

(4)利用白光扫描仪对将要更换的节点板进行精细化扫描,还原了节点板的现状尺寸,指导新构件下料加工,保证新旧零件尺寸一致,对节约施工工期、提高施工质量起到了明显的作用。

(5)本项目运用数字化技术,贯穿了设计阶段、施工阶段和后期的运维阶段,基本做到全生命周期的运用。

参考文献:

[1] 张梦寒. BIM 技术在桥梁工程中的应用现状分析[J].中国水运(下半月),2022,22(4):134-135,138.
[2] 夏子立,高文博,景强.BIM 技术在桥梁运维阶段的应用及展望[J].广东公路交通,2022,48(1):32-37.

《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