

DOI: 10.7672/sgjs2026080112

基于数字模型的梁柱式支架设计方法研究与应用*

徐龙坤

(中铁十八局集团隧道工程有限公司,重庆 401135)

[摘要] 结合项目实践,在对临时结构设计特征分析的基础上,采用数字模型技术,通过在图形系统中建立混凝土主梁、模板、方木、小横向分配梁、主承重梁、大横向分配梁、钢管立柱、条形基础等功能图形对象,建立梁柱式支架设计模型,通过对这些功能图形对象的操作,便捷查询梁柱式支架的力学计算结果,自动生成三维力学计算的 Midas 命令流、梁柱式支架的施工详图、设计方案的工程数量表,实现了梁柱式支架设计的简单化、规范化和高效率,且具有良好的适应性,有利于桥梁施工梁柱式支架的反复比选及施工项目的挖潜增效。

[关键词] 桥梁;智能建造;支架;数字化;建筑信息模型

[中图分类号] U445

[文献标识码] A

[文章编号] 2097-0897(2026)08-0112-03

Research and Application of Beam-column Formwork Support Design Method Based on Digital Model

XU Longkun

(China Railway 18th Bureau Group Tunnel Engineering Co., Ltd., Chongqing 401135, China)

Abstract: Combining the practical experience and based on analysis of the design characteristics of temporary structures, this paper adopts digital modeling technology. By establishing functional graphic objects in the graphics system, including concrete main beams, formworks, square timbers, small transverse distribution beams, main load-bearing beams, large transverse distribution beams, steel pipe columns, and strip foundations, a design model for beam-column formwork support is created. Through operation on these functional graphic objects, mechanical calculation results of beam-column formwork support can be conveniently queried, while automatically generating Midas command streams for 3D mechanical calculations, construction detail drawings of beam-column formwork support, and engineering quantity tables for design schemes. This realizes simplified, standardized, and highly efficient design of beam-column formwork support, with good adaptability. It is conducive to repeated comparison and selection of beam-column formwork support in bridge construction, as well as potential excavation and efficiency improvement in construction projects.

Keywords: bridges; intelligent construction; supports; digitization; building information modeling(BIM)

0 引言

梁柱式支架是桥梁施工中一种常用的临时支架形式,受桥梁主梁、桥墩、现场地质条件、施工经验等因素影响,现场设计方案复杂多样^[1-3],也存在多样化的力学计算分析方法^[4-6]。虽可采用现有软件进行梁柱式支架设计绘图及结构计算,但还难以有效支撑方案设计、施工图绘制及工程算量的全过

程,各环节协同性差,工作效率低、耗费时间长,且易出错,不利于梁柱式支架结构的反复优化设计。国内也有将数字技术应用于梁柱式支架设计的研究^[7-8],但其技术方案基于一种三维 BIM 模型方案,存在易用性、简单化和规范化问题。

张吉怀铁路工程六标起讫里程 DK81+249.65—DK115+382.00,正线长 32.221km,桥梁 13 座,总长 4.272km,其中有 8 联连续梁,1 联(80+140+80)m 连续钢构,2 联 T 构,1 联双线变四线道岔连续梁,2~32m 双线变宽筒支梁,筒支 85 孔,桥墩最大高度 52m。该工程涉及的边直段、现浇筒支梁等需

* 中铁十八局集团隧道工程有限公司科研项目:铁路连续梁 0 号块 BIM 建模综合技术研究

[作者简介] 徐龙坤,高级工程师,E-mail:286810302@qq.com

[收稿日期] 2026-03-10

梁柱式支架 32 处,其中一些梁柱式支架受地质、地形及交通约束要求,基础与桥轴线斜交的情况有 8 处。本文以该工程为背景,在对梁柱式支架设计特征分析的基础上,通过建立梁柱式支架的数字模型来实现梁柱式支架方案设计、结构计算及施工图绘制等工作。

1 梁柱式支架设计特征

完整的梁柱式支架设计过程包括方案设计、设计计算、详图绘制与出图等几个步骤,其中方案设计需依据混凝土主梁、桥墩构造,现场地形地质、交通、物资及作业队伍的施工经验等因素进行方案设计,再针对方案进行结构计算,以及强度、刚度和稳定性及成本评价;期间,可能需对多种可能的方案进行反复比选、计算和评价,最后得到一个相对优化的方案。

方案设计除了需考虑支架中钢管立柱、主承重梁、大横梁、小横梁等关键构件的长度和规格外,关键是纵向、横向及平面布置三方面内容,梁柱式支架立面如图 1 所示。主承重梁可以是贝雷梁或型钢梁,本文仅考虑贝雷梁。对于纵向布置,需依据桥墩高度、支架长度范围来确定钢管立柱的纵向布置间距,当钢管立柱较高时需设置格构式钢管立柱,以加强钢管立柱稳定性。对于平面布置,主要考虑钢管立柱的基础是线路轴线正交还是斜交,当受到地质条件或交通限制时,需考虑斜交情况,即出现斜交梁柱式支架。对于横向布置,须考虑贝雷梁的横向需多少排、贝雷成组及贝雷的横向合理布置问题。基础可以是条形基础、钢管桩基础或混凝土桩基础等类型。

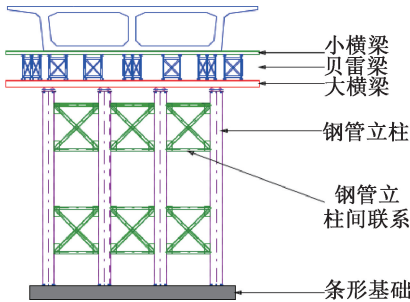


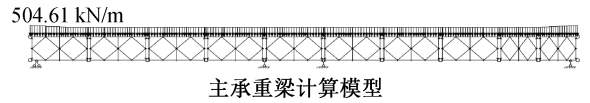
图 1 梁柱式支架立面

Fig. 1 Elevation of beam-column support

2 “一根梁法”进行贝雷梁横向优化布置

对于贝雷梁的横向布置,可以采用“一根梁法”来评估贝雷梁的横向布置,再采用“等荷载分割法”来处理贝雷成组及横向合理布置问题。先按混凝土主梁全截面,并考虑模板、人群机具、振捣冲击等施工荷载,按规范取值并按一定的组合系数得到相应的纵向线荷载;再建立相应的贝雷梁计算模型,

贝雷梁计算模型按平面杆件有限元建立,当为斜交梁柱式支架时,贝雷梁的支座约束需按最不利间距进行约束设置,如图 2 所示。依据计算结果及规范给定的设计值指标,计算贝雷所需排数;然后,再针对主梁的某一截面,按每个区域承受相同施工组合荷载对截面进行区域分割,每个区域的重心位置即为每排贝雷梁的理想布置位置。考虑到贝雷梁是按 0.45, 0.9, 1.35m 成组安装,依据相邻贝雷梁间距选择合适的成组方案。当相邻贝雷组为 2 个 0.45m,可设置成 0.45m+0.45m 的成组方式,如图 3 所示。



主承重梁计算模型

图 2 贝雷梁在全截面线荷载作用下的计算模型

Fig. 2 Calculation model of Bailey beam under full section line load

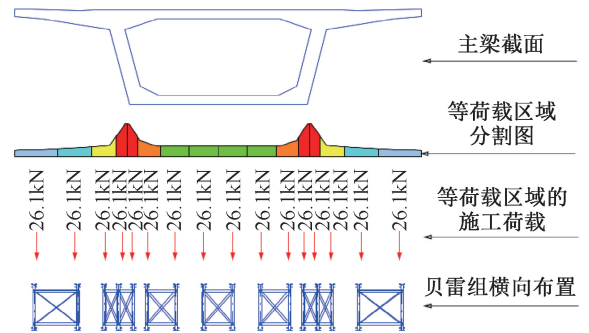


图 3 贝雷梁横向布置

Fig. 3 Horizontal arrangement of Bailey beam

3 梁柱式支架荷载取值

梁柱式支架纵向、横向及平面布置完成后,需对梁柱式支架进行力学计算。可采用 Midas 的建模方法,构建出梁柱式支架的三维杆件有限元模型,进行结构的三维杆件有限元计算。或通过建立三维杆件有限元计算的 Midas 命令流,再导入 Midas 软件进行相应的结构杆件有限元三维计算。两种计算方法都需计算混凝土主梁结构对支架产生的施工荷载。该荷载除了考虑主梁截面横向影响,还需考虑主梁全截面,并考虑模板、人群机具、振捣冲击等施工荷载,按规范取值并按一定的组合系数得到线荷载,每一小横梁位置均需精确计算,1 根小横梁所受荷载的梁段范围如图 4 所示,所受主梁线荷载如图 5 所示。

线荷载是依据小横梁所在的混凝土主梁承重范围的自重荷载,连同考虑模板、人群机具、振捣冲击等施工荷载,按规范取值并按一定的组合系数计

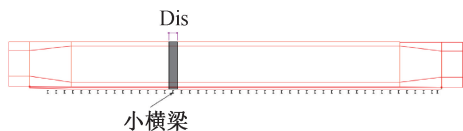


图 4 小横梁所受荷载的梁段范围

Fig. 4 The beam section range of the load on the small beam

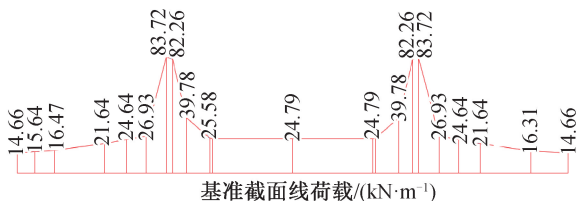


图 5 小横梁所受线荷载

Fig. 5 Line load on small beam

算得到的分布荷载,称为施工组合荷载;每个小横梁截面位置有一个横向线荷载;当主梁处于变高、变宽时,小横梁线荷载计算及加载到杆件有限元上的处理会显得费时费力;另外,小横梁所受荷载还有集中荷载,为了精确模拟线荷载数值,有时还需对线荷载进行特殊处理。

4 梁柱式支架设计数字模型构建

1) 步骤 1。建立由桥墩、承台、地面线、梁轴线、基础轴线、承台墩身轮廓基础平面、主梁纵断面、主梁截面等构成的基础功能图形对象。

2) 步骤 2。利用桥墩的操作界面自动生成由钢管立柱、大横梁截面、大横梁、小横梁及小横梁截面、条形基础截面及立面、柱头柱脚、主梁平面及基础平面等图形构成且均独立的二维 BIM 模型,再通过几何操作,得到满足现场交通条件和地形地质条件的贝雷支架纵、横向布置。

3) 步骤 3。采用系统内置的“一根梁法”及截面等荷载分割法计算支架中贝雷梁片数,并进行贝雷支架的横向布置。

4) 步骤 4。自动生成支架小横梁所受的线荷载特征线及相关联的线荷载,自动生成杆件有限元计算的命令流,再利用 Midas 软件查询梁柱式支架的计算结果。当满足计算结果要求后,可自动生成主承重梁、小横梁、大横梁的平面布置图、基础布置图及施工图数量表等,利用现有常用的绘图方法补充局部细节或完成局部细节计算,最后完成的梁柱式支架方案的设计如图 6 所示。自动生成的跨斜交梁柱式支架三维模型如图 7a 所示,施工荷载作用下变形曲线如图 7b 所示。

由于所建立的贝雷支架设计数字模型主要描述了支架结构的设计特征,具体设计详图还需考虑

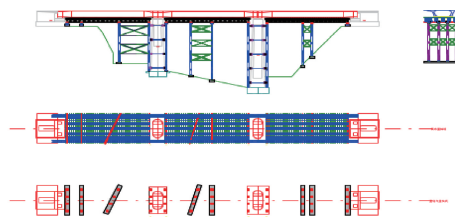
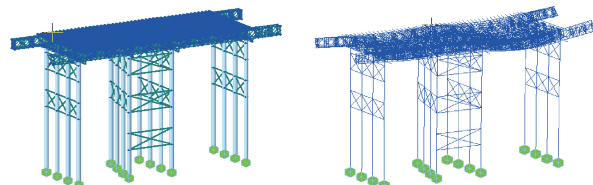


图 6 白岩村大桥贝雷支架设计

Fig. 6 Bailey bracket design of Baiyanacun Bridge



a 1~2跨斜交梁柱式支架三维Midas模型

b 在施工荷载作用下的变形曲线

图 7 白岩村大桥 1~2 跨梁柱式支架设计模型

Fig. 7 Design model of 1~2 span beam-column support of Baiyanacun Bridge

贝雷支架的施工图数量表,柱头柱脚构造详图、钢管立柱与桥墩间的连接系,桥墩顶帽上的局部细节处理,条形基础的详图设计等细节,这些可通过系统提供的图库获得所需的设计详图。

6 结语

1) 对梁柱式支架设计可采用二维模型表达各组成构件的数字模型来完成,可方便快速获得满足现场地形、地质及交通约束条件的布置方案,并自动获得梁柱式支架的三维力学计算模型及计算结果。

2) 通过创建和操作二维化的功能图形对象,可快速实现梁柱式支架的方案设计、施工详图设计、工程算量等过程,实现该类设计的简单化、协同化及规范化、精细化和高效率,有利于桥梁工程施工项目的精细化管控及施工企业的挖潜增效,特别适合现场工程应用,快速获得所需梁柱式支架方案。

参考文献:

- [1] 唐东意. 深 V 型谷地梁柱式支架法现浇梁施工技术研究[J]. 价值工程, 2025, 44(8): 141-144.
TANG D Y. Research on the construction technology of deep V-shaped valley beam column support method cast-in-place beams[J]. Value engineering, 2025, 44(8): 141-144.
- [2] 李士强. 贝雷梁支架与普通型钢支架在现浇箱梁施工中的应用对比分析[J]. 科技创新与应用, 2024, 14(34): 89-92.
LI S Q. Comparative analysis of application of Bailey beam support and ordinary steel support in cast-in-place box girder construction[J]. Technology innovation and application, 2024, 14(34): 89-92.

5 结语

1)UHPC 在恶劣环境下具备稳定可靠的性能,尤其满足长期承受重载交通、雨雪冻融频繁的北方高速公路防撞墙修补需求。其在非养护氯盐侵蚀环境中的工作性能与标准养护环境下无显著差异。

2)UHPC-NC 界面性能有效保障了结构安全性。对于破损深度更严重的防撞墙,其具有更优的保护效果;随着 UHPC 厚度增加,整体抗压强度也随之提升。

3)UHPC 在防撞墙修补工程中是一种高投入、高回报的解决方案。虽较传统修补方案价格更高,但其更长的使用寿命可为后续养护环节节省大量费用。

参考文献:

- [1] 李留洋,李方元,陈宇航. 钢筋锈蚀率对预应力混凝土构件性能影响的试验研究[J]. 施工技术(中英文),2023,52(23):143-149.
- LI L Y, LI F Y, CHEN Y H. Experimental study on impact of reinforcement corrosion rate on performance of prestressed concrete components [J]. Construction technology, 2023, 52(23):143-149.
- [2] 刘数华. 新老混凝土的修补方法及粘结机理研究[J]. 施工技术,2006,35(8):32-34.
- LIU S H. Discussion on repair and bond mechanism of young on old concrete[J]. Construction technology,2006,35(8):32-34.
- [3] 王艳,常天凤,杨子凡,等. 超高性能混凝土-普通混凝土界面粘结性能研究[J]. 材料导报,2025,39(7):83-88.
- WANG Y, CHANG T F, YANG Z F, et al. Study on shear bond performance of UHPC-NC interface [J]. Materials reports, 2025, 39(7):83-88.
- [4] 刘玉静,夏浩,刘国梁,等. 桥梁结构修补中 UHPC-NC 黏结界面的收缩性能[J]. 铁道建筑,2024,64(9):140-146.
- LIU Y J, XIA H, LIU G L, et al. Shrinkage performance of UHPC-

NC bonding interface in bridge structure repair [J]. Railway engineering,2024,64(9):140-146.

- [5] 李富民,武晓辉,陈志祥. 新老混凝土界面区氯离子传输特征与模型[J]. 东南大学学报(自然科学版),2023,53(3):425-435.
- LI F M, WU X H, CHEN Z X. Transport characteristics and models of chloride ions in the interfacial zone of new-old concrete[J]. Journal of Southeast University (natural science edition),2023,53(3):425-435.
- [6] 张菊辉,衣存浩,王诗昆,等. 新老混凝土的钢筋加速锈蚀[J]. 硅酸盐学报,2022,50(8):2096-2103.
- ZHANG J H, YI C H, WANG S K, et al. Accelerated corrosion of steel bars in new and old concrete structures [J]. Journal of the Chinese ceramic society,2022,50(8):2096-2103.
- [7] 程红强,刘国龙,高丹盈. 钢纤维混凝土与老混凝土粘结剪切性能试验研究[J]. 水力发电学报,2013,32(4):177-181,192.
- CHENG H Q, LIU G L, GAO D Y. Experimental study on bonding shear performance of new steel fiber reinforced concrete to old concrete [J]. Journal of hydroelectric engineering, 2013, 32(4):177-181,192.
- [8] 李建涛,李冰. 桥梁防撞墩水铣及挂网喷锚快速修复工艺在南三环大修工程中的应用[J]. 混凝土世界,2020(2):84-87.
- LI J T, LI B. Application of water milling and net jet anchor rapid repair technology for bridge anti-collision pier in the south third ring road overhaul project [J]. China concrete,2020(2):84-87.
- [9] 苗强. 冻融-锈蚀效应下钢筋混凝土耐久性劣化规律与机理研究[D]. 长春:吉林大学,2024.
- MIAO Q. Research on the deterioration patterns and mechanisms of reinforced concrete durability under freezing-thawing and corrosion action [D]. Changchun: Jilin University, 2024.
- [10] 侯颢. 苏州桥防撞墩破损分析及修补工艺[J]. 市政技术,2016,34(6):74-76,83.
- HOU H. Damage analysis and repair technology of Suzhou Bridge crash barrier [J]. Municipal engineering technology, 2016, 34(6):74-76,83.
- 53(24):56-60,90.
- LIU N B, ZHOU Q W, DING Z X. Analysis of mechanical properties of less steel pipe support for side span construction of asymmetrical separated cable-stayed bridge [J]. Construction technology,2024,53(24):56-60,90.
- [7] 张茂军,都浩,安南,等. 基于 BIM 模型的贝雷架结构参数转化方法研究[J]. 土木建筑工程信息技术,2023,15(4):38-42.
- ZHANG M J, DU H, AN N, et al. Study on transformation method of structural parameters of bailey frame based on BIM model [J]. Journal of information technology in civil engineering and architecture,2023,15(4):38-42.
- [8] 秦宏磊. 基于 BIM+ 的独塔双索面特大斜拉桥施工技术[J]. 施工技术(中英文),2024,53(5):62-65.
- QIN H L. Construction technology of unique tower and double cable plan super cable-stayed bridge based on BIM + [J]. Construction technology,2024,53(5):62-65.

(上接第 114 页)

- [3] 汪莹,陈旺,尹航,等. 高空大跨度混凝土连廊贝雷梁支撑体系施工技术[J]. 施工技术(中英文),2024,53(14):88-92.
- WANG Y, CHEN W, YIN H, et al. Construction technology of bailey beam support system for high-altitude large-span concrete corridors [J]. Construction technology,2024,53(14):88-92.
- [4] 戴世伟,危志豪. 贝雷梁设计中的相关问题探讨[J]. 公路,2024,69(2):39-44.
- DAI S W, WEI Z H. Discussions on relevant problems in the design of bailey beam [J]. Highway,2024,69(2):39-44.
- [5] 杨凯旋,黄风达,徐洲. 超大拱形横梁施工关键技术研究[J]. 施工技术(中英文),2025,54(6):74-80.
- YANG K X, HUANG F D, XU Z. Key construction technology of super-large arched cross beam [J]. Construction technology, 2025, 54(6):74-80.
- [6] 刘宁波,周清志,丁子贤. 不对称分离式斜拉桥边跨施工少钢管支架力学性能分析[J]. 施工技术(中英文),2024,