

大跨度 T 构 0# 块支架设计与关键施工技术

李洪全

(中铁十一局西安建设有限公司, 陕西 西安 710000)

摘要: 连续梁拥有目前最广、种类最丰富的桥梁类型,其相关的施工方式也是拥有许多种类。选择相应的组合支撑结构可以适用于各类现浇桥梁类型,同时也适用于变高度连续梁的施工。当对于上跨既有建筑的变高度连续梁,下部建筑有限高要求时^[1],应该特别注意限高要求和合理的选择支架的材料。为契合某 100 mT 构 0# 块的技术要求,创新性地提出采用由桁架、贝雷梁以及托架组合而成的混合支架体系来开展施工工作。借助有限元分析软件 MIDAS Civil,构建了桥梁临时支架的计算模型,以此对桥梁整体的受力状况予以模拟,同时针对支架各部分材料的受力情形,以及材料的强度、刚度与稳定性等各项指标展开了深入分析,进而得出了关于现浇支架可行性的相应结论。

关键词: 连续梁;临时支架;MIDAS Civil

中图分类号: U445.4

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)10-0227-05

Design and Key Construction Technology of Long-span T-structure 0#-block Support

LI Hongquan

(China Railway No.11 Engineering Group Xi'an Construction Co., Ltd., Xi'an 710000, China)

Abstract: Continuous beams currently have the widest range and the most diverse types of bridges, and there are many types of related construction methods. The selection of corresponding combined support structure can be applied to various types of cast-in-place bridges, and is also suitable for the construction of variable-height continuous beams. When the variable-height continuous beam spans the existing buildings and there is a limited height requirement of the lower buildings, the special attention should be paid to height limit requirements and reasonable selection of bracket materials. In order to meet the technical requirements of a 100 mT-structure 0# block, it is innovatively proposed to use a combined bracket system composed of trusses, Bailey beams and brackets to carry out the construction. With the help of finite element analysis software MIDAS Civil, the calculation model of the temporary bracket of the bridge is built to simulate the overall stress condition of the bridge, and at the same time, the stress situation of each part of the bracket material, the strength, stiffness and stability of the material and other indicators are further analyzed, and then the corresponding conclusion on the feasibility of the cast-in-place bracket is drawn.

Keywords: continuous beam; temporary bracket; MIDAS Civil

0 引言

随着我国经济的快速发展,基础设施的建设对于我国经济的发展提升有着重要的作用。而基础设施中桥梁又作为重要的组成成分,沟通着我国的各个地方。因而桥梁施工在工程建设中拥有着重要的作用。一般在桥梁施工过程中会从各种施工方法中选择相关适合的技术。在施工过程中,既要满足新建桥梁的施工,又要对原有的线路的影响减少到最

小或不影响原有线路。本文以某特大桥(60+100+60)m 连续梁为例,对支架系统进行了全面而深入的评估,特别关注其强度、刚度以及稳定性等核心性能指标,通过详尽的检算与细致的分析,为该桥梁项目量身定制了一套既安全又高效的施工方案^[2-5]。此外,此研究成果在同类桥梁施工支架的设计领域也开辟了新的视角,为其他项目提供了富有洞察力的参考模板和实用的设计灵感,进一步丰富了该领域的实践经验与理论知识。

1 工程概况

某桥梁采用(60+100+60)m 的连续梁设计,其结

收稿日期: 2024-12-18

作者简介: 李洪全(1979—),男,本科,工程师,从事项目施工管理工作。

构形式为单箱单室,具有变高度和变截面的特点,整体桥梁的建筑总宽度达到了12.9 m,底板宽6.7 m,0#块高度为7.835 m。零号块箱梁顶板厚度为38.5~63.5 cm,底板厚度为40~120 cm,腹板厚度为60~100 cm。

在两侧边跨的下部区域,由于不存在特殊的既有建筑,因此采用了工字钢桁架、贝雷梁以及托架等多种支撑方式相结合,来搭设实现现浇施工的支撑结构。

2 总体施工方案

工字钢桁架具有搭设简单且灵活性强的特点,可以根据自身的需要创造出相应的结构形式,并且承载能力较强,在多次模拟有限元的过程中表现出了优秀的承担荷载的能力。为0#块的建设提供了一个快速搭建的优秀方案。

贝雷梁以其简约的结构设计著称,不仅便于运输,而且架设速度迅捷,能够承受较大的载重量,展现出极强的适应能力,是一种高效且多功能的结构材料^[6-11]。由于贝雷梁结构简单,因而不需要大型吊装设备,减少了相关的成本,为吊装困难的地区提供了相关的解决方案。

支架与模板的重量通过稳固的托架及预埋钢板有效地传递至墩柱,由墩柱承担全部荷载,这一传力路径清晰直接,极大地降低了支架下沉的风险,同时确保了钢模的完好无损,无需进行额外修复。然而,托架的焊接作业量庞大,对焊接工艺的质量要求极为严格,使得施工操作相对复杂。此外,桥梁施工完成后,墩柱的外观优化处理不仅耗时费力,而且质量控制难度较大,成为施工过程中的一个挑战。根据现有的条件,选择相适应的拖架结构,在一些桥梁建设中拥有着许多相似的桥梁结构形式,因而在托架使用过程中,在满足要求的情况下可以利用以往的托架以减少成本^[12-18]。

连续梁的主要施工流程如下:

(1)对基础位置进行精准放样,同时埋入钢管的预埋件,并浇筑基础。

(2)搭设全部钢管,连接横向联接。

(3)进行横梁、贝雷梁或型钢以及分配梁的吊装作业,随后搭建盘扣式脚手架及其上部的模板系统。

(4)施工工作结束后,将拆除所有支架结构,并对施工现场进行全面彻底的清理,确保环境整洁有序。

3 支架施工重难点

对于支架部分,托架的预埋极为重要,托架承担

着桥梁的荷载,需要对预埋深度高度精确测量安装。

支架体系不仅承担桥梁的不均匀荷载,还承担各方向风荷载的作用下的稳定性都应该重点检算。此位置在施工过程中也应该严格按照支架的设计位置进行布置。

同时在支架施工过程中,使用吊车吊装支架时,应尽量不与既有道路发生冲突或损毁既有道路。尽可能的保证在施工过程中道路的正常通行,以及减少占用相关的空间。

4 支架结构设计方案

4.1 支架整体布置

根据现场既有道路位置,支架体系的立面和平面布置见图1、图2;支架横断面见图3、图4。

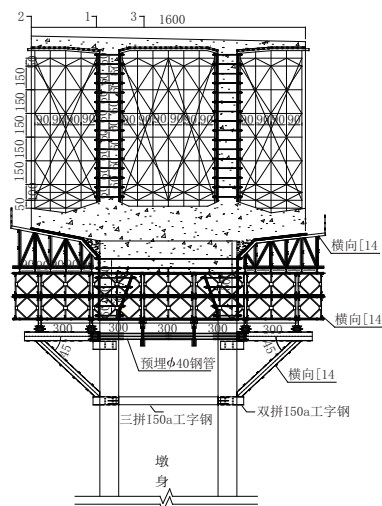


图1 立面图(单位:cm)

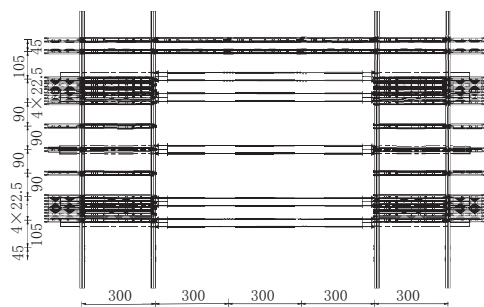


图2 平面图(单位:cm)

支架详细布置如下:

0#块支架布置方式为自上而下:底模→横向方木→工字钢桁架(翼缘板:双拼工字钢)→工字钢横梁→贝雷梁→双拼工字钢横梁→托架。

4.2 支架材料参数

在材料选择上,贝雷梁精选了高性能的16Mn钢材,这种钢材以其卓越的力学特性著称,其抗拉强度、抗压强度及抗弯强度的设计标准均严格设定为

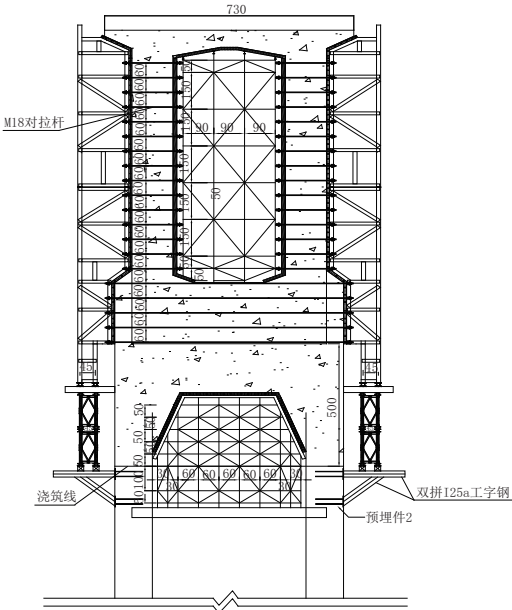


图3 支架横断面图(单位:cm)

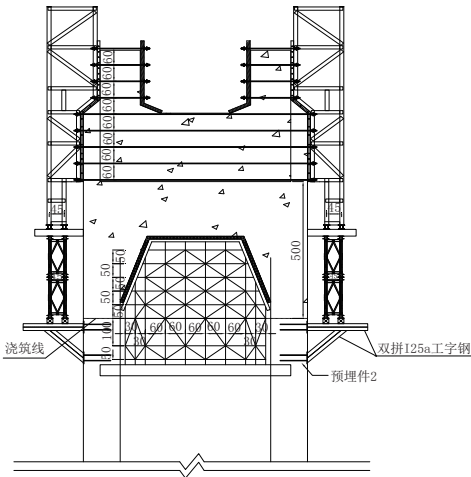


图4 横断面图(单位:cm)

$[\sigma]=310\text{ MPa}$,而针对抗剪性能的考量,设计值也被精确设定为 $[\tau]=180\text{ MPa}$,确保了结构在复杂受力环境下的高稳定性。至于构成支架其他部分的组件,采用经济且可靠的Q235钢材,该材料以其广泛的应用基础证明了其耐用性,其抗拉、抗压及抗弯强度的设计标准被设定为 $[\sigma]=215\text{ MPa}$,而抗剪强度的设计值则为 $[\tau]=125\text{ MPa}$,这些参数的精心设定,旨在全面保障支架系统的整体性能与安全性^[19-32]。

5 支架安全性分析

5.1 有限元模型建立

利用先进的有限元分析软件 MIDAS Civil,构建支架主要上部结构的精细有限元模型,以精确模拟支架在实际荷载作用下的受力状态。依据极限应力法的原理,对支架的核心结构——包括强度、刚度及

稳定性——进行了全面而深入的计算分析。

(1)荷载传递路径中,贝雷梁发挥着举足轻重的作用,它作为主梁上部结构荷载的主要承载者,需应对包括主梁自重、支架系统重量、施工人员作业产生的动态荷载以及堆料荷载在内的多种复杂荷载。为了精准捕捉这一复杂受力机制,我们采用了 MIDAS Civil 这一先进的有限元分析软件,构建了一个融合 I25a 工字钢横梁与贝雷梁的三维空间整体模型。在此模型中,每个构件都被精确地模拟为梁单元,其中 I25a 工字钢采用性能稳定的 Q235 钢材,而贝雷梁则选用强度更高的 16Mn 钢材^[33]。值得注意的是,在两片贝雷片相接处,我们特意对梁单元在 y-y 方向上的约束进行了适度放宽,以期更贴近实际受力情况,提高模型的真实性和真实性。

在横梁与贝雷梁的连接设计上,我们采用了通用连接方式,并将整体结构视为多点支承的连续梁体系进行计算图示的构建,这一设计旨在全面评估构件在全浇筑完成工况下的受力状态。具体计算图示见图 5、图 6,它们直观展示了各构件在复杂荷载作用下的应力分布与变形情况,为后续的施工设计与安全评估提供了坚实的理论依据。

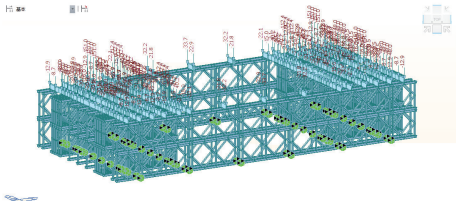


图5 贝雷梁支架 MIDAS Civil 有限元模型图

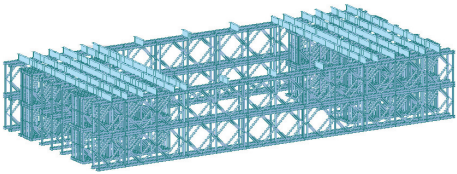


图6 贝雷梁支架 MIDAS Civil 有限元模型图

(2)托架承受工字钢横担传递的荷载;建立模型见图 7、图 8。

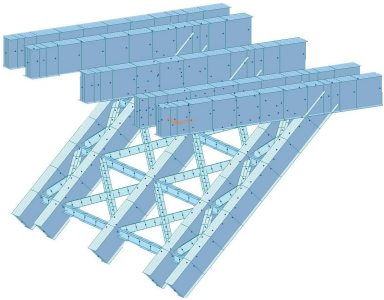


图7 托架 MIDAS Civil 有限元模型图

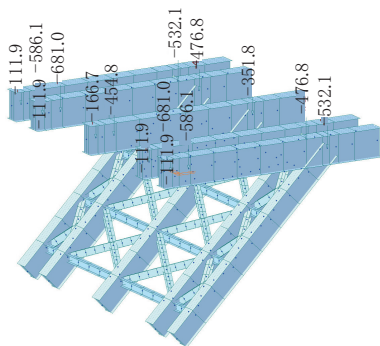


图8 托架 MIDAS Civil 有限元模型图

5.2 强度计算分析

通过 MIDAS Civil 对各个主要支架部分进行有限元仿真分析,得到各位置应力计算结果与应力限值见表 1。

表 1 支架最大应力结果统计表				单位:MPa
位置	最大弯应力	最大剪应力	抗弯设计值	抗剪设计值
贝雷梁	254.7	134.1	310	180
托架	98.1	55.9	215	215

结果表明,支架的强度设计满足要求,且构件的承载力得到充分地发挥。

5.3 刚度计算分析

钢结构对变形的尤为敏感,对变形的控制极其重要。按照《钢结构设计标准》(GB 50017—2017)中的明确规定,大跨度钢结构的最大挠度值应当控制在不大于结构跨度的 1/400 的范围内。通过有限元分析得到各部位最大变形与变形的限值见表 2。

表 2 支架最大变形结果统计表			单位:mm
位置	最大变形	变形限值	
贝雷梁	3.1	20.5	
托架	2.4	17.5	

结果表明,各位置处构件变形均满足规范要求。支架整体刚度满足要求。

5.4 稳定性计算分析

对于托架,在承受上部结构施加的竖向荷载的基础上,还受到双面来风的作用,是托架稳定性因素的关键点。考虑到这些因素,主要应该对该位置托架做稳定性分析。支架整体的稳定性分析结果见图 9。

在计算钢结构整体屈曲稳定性的专业流程中,我国现行的《网壳结构设计规程》(JGJ 61—2003)设定了一个至关重要的参数——结构稳定系数,其最低要求被严格界定在 5.0 以上。这一高标准主要聚焦于结构在理想弹性范围内的失稳临界点,旨在确保结构在理论上的安全裕量。然而,桥梁工程的实

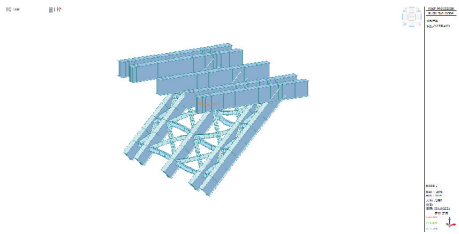


图9 托架一阶屈曲模态图

践往往揭示了一个更为复杂的现实:钢结构在实际受力过程中,往往会在达到其弹性极限的临界点之前就表现出明显的塑性变形特征,这意味着结构的安全评估必须综合考虑其从弹性到塑性的过渡阶段^[34]。因此,在设计与分析过程中,如何平衡理论要求与实际工况,成为了确保桥梁结构安全稳定的关键挑战。基于丰富的桥梁工程实践经验和详实的数据支持,本次计算中我们审慎地将安全系数设定为 4.0。经核算,该位置的屈曲稳定系数高达 22.7,显著超过了设定的安全系数 4.0,由此可以确信,托架结构的稳定性完全满足设计与安全要求。

6 关键施工技术

对于桥梁设计来说,选用正确的施工方法尤为关键,不仅关系到桥梁的速度以及建设方便性,还对桥梁的质量安全等产生尤为重要的影响。施工技术在施工过程中对于各部组成的施工认知、施工顺序以及施工组织等方面影响颇大。

内模支架构件,桥墩内部支架构件,桥墩外侧支架构件,翼缘板位置托架四部分组成了主要的支架体系。在施工时应小心谨慎,并严格按照设计进行施工。

(1)墩身施工时,应采取切实可行措施,保证预埋件位置的标高正确,墩身混凝土振捣时注意不能碰触预埋件。

(2)托架和预埋件的连接靠高强钢筋连接,必须保证高强钢筋的质量。

(3)预埋件盖板与腹板靠焊缝连接,应保证焊缝的可靠性。

(4)托架水平杆与斜杆、斜杆和水平杆与锚固钢板之间的连接采用对接与角接组合焊缝,焊缝应进行围焊,焊缝质量应满足相关规范的要求。

(5)需明确的是,所提供的计算结果是在一系列理想化假设条件下得出的。尽管在计算过程中已经充分考虑并融入了安全系数以应对潜在的不确定性,但在支架的实际搭建阶段,仍必须严格遵循设计

图纸和相关规范标准的要求来执行,力求将施工误差降至最低限度。这包括确保支架各相关构件的位置精确符合设计要求及检算条件。若在施工现场发现实际布置方案与既定方案存在偏差,必须立即重新进行详细的检算工作,以确保施工安全与结构稳定。

7 结 论

通过有限元建模,对支架上部结构以及关键位置处的支架进行了强度、刚度和稳定性的检算,得到以下结论:

(1)混合支架的设计不仅可以有效提高了建设效率,还增强了结构的稳定性。

(2)借助先进的有限元分析软件,进行深入的计算与分析,全面考量多种可能的荷载组合情境。结果显示,所设计的支架在强度、刚度以及整体稳定性方面均展现出了卓越的性能,完全符合既定的安全与设计要求。这一结论不仅验证了支架结构的合理性,也为其在实际工程中的可靠应用提供了坚实的理论基础。

(3)本次支架设计,成功地为以后类似类型现浇连续梁施工提供了解决方案。

(4)混合支架的设计,能够为类似的连续梁或其他变截面箱梁现浇支架的设计提供很好的借鉴。

参考文献:

- [1] 张科辉. 现浇连续梁钢管柱贝雷梁组合支架应用设计[J]. 铁道建筑技术, 2015(8): 40-44.
- [2] 刘学明, 刘世忠. 钢管柱-贝雷梁支架体系施工工艺及设计检算[J]. 铁道建筑, 2016(9): 43-46.
- [3] 古兰玉, 赵宏远. 复杂条件下跨越铁路连续梁支架法施工技术[J]. 国防交通工程与技术, 2016, 14(5): 51-56.
- [4] 王建. 跨高速公路连续梁支架现浇施工技术的应用[J]. 安阳工学院学报, 2018, 17(6): 52-54.
- [5] 黄国活. 桥梁工程中连续梁支架现浇法施工技术[J]. 建材与装饰, 2017(31): 254-255.
- [6] GB 50017—2017, 钢结构设计标准[S].
- [7] 陈绍蕃. 钢结构稳定设计的新进展[J]. 建筑钢结构进展, 2004(2): 1-13.
- [8] 何志军, 丁洁民. 大跨钢结构稳定分析几个基本问题的定性讨论[J]. 四川建筑科学研究, 2003(3): 5-7.
- [9] JGJ 61—2003, 网壳结构设计规程[S].
- [10] 葛家琪, 张国军, 王树, 等. 2008 奥运会羽毛球馆弦支穹顶结构整体稳定性分析研究[J]. 建筑结构学报, 2007(6): 22-30; 44.
- [11] 周振兴, 郭卓明. 结构稳定性安全系数取值探讨[J]. 中国市政工

- 程, 2005(5): 36-37.
- [12] 孙九春. 赵家沟大桥临时支架设计[J]. 世界桥梁, 2015(1): 11-17.
- [13] 谢银龙, 金顺清, 刘冲. 桥梁钢结构组合式临时支架设计与承载力验算[J]. 建筑科技, 2024, 8(11): 25-31; 47.
- [14] 黄振杨, 袁瑞希, 公培智. T形刚构桥梁支架设计研究[J]. 山西交通科技, 2024(2): 77-81.
- [15] 陈示光. 大跨度钢桁架桥分段吊装技术[J]. 施工技术(中英文), 2022, 51(24): 60-64.
- [16] 马保亮, 赵晖, 马昊, 等. 大跨度桥梁工程钢梁运输及施工要点研究[J]. 江西建材, 2022(8): 151-153.
- [17] 李成杰, 王洪洲, 谢超. 连续跨越多层城市运营道路匝道桥梁施工技术[C]//2023 年全国建筑钢结构科技创新大会论文集. 北京: 中国建筑金属结构协会, 2023.
- [18] 于磊. 基于 Midas 的桥梁顶推施工下临时支架计算分析[J]. 科技创新与应用, 2024, 14(11): 81-84.
- [19] 周伟明. XT300 桁架梁在现浇结构施工临时支架中的应用[J]. 中国铁路, 2022(6): 49-55.
- [20] 刘方啟, 唐刚. Midas Civil 在桥梁工程边跨现浇段大型临时支架结构中的应用[C]//2021 年全国土木工程施工技术交流会论文集(下册). 北京:《施工技术》杂志社, 亚太建设科技信息研究院有限公司, 2021.
- [21] 马海军, 王龙轩, 任宁波, 等. 钢-混组合桥梁挠度控制限值讨论[C]//第二十一届全国现代结构工程学术研讨会论文集. 天津: 天津大学, 天津市钢结构协会, 2021.
- [22] 周明杰. 高山峡谷地区桥梁临时支架基础设计及吊装施工[J]. 国防交通工程与技术, 2021, 19(2): 82-85.
- [23] 董锦俊, 魏玮. 桥梁施工碗扣式支架安全监控研究[J]. 黑龙江交通科技, 2019, 42(11): 90-92.
- [24] 王有刚. 大型复杂临时钢结构的设计要点[J]. 北方交通, 2019(2): 36-39.
- [25] 赵高锦, 代攀, 许鹏, 等. 高架桥梁临时支架受力特性与仿真分析[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2019, 15(3): 119-120; 157.
- [26] 梅葵花, 王贤良, 赵育. 多跨连续梁拱组合体系桥梁施工关键问题研究[J]. 桥梁建设, 2017, 47(4): 48-53.
- [27] 李营, 尚立波. 上跨省道“T”形刚构桥临时支架施工及稳定性研究[J]. 中国新技术新产品, 2024(12): 101-103.
- [28] 陈示光. 大跨度钢桁架桥分段吊装技术[J]. 施工技术(中英文), 2022, 51(24): 60-64.
- [29] 孙彬彬. 城市复杂环境下钢结构桥梁吊装施工技术[J]. 广东建材, 2022, 38(2): 67-69.
- [30] 潘英伟. 桥梁高墩大盖梁无支架支撑体系施工技术[J]. 四川建材, 2024, 50(11): 138-139; 142.
- [31] 叶建彬, 夏琦, 王运瑞. 大跨径波形钢腹板桥梁塔冠支架结构受力分析研究[J]. 科技资讯, 2024, 22(21): 145-147.
- [32] 王祥, 曾坤, 罗雨舟, 等. 桥梁施工智能升降支架系统优化与性能验证研究[J]. 交通企业管理, 2024, 39(5): 89-91.
- [33] 王先雷, 张琴. 现浇箱梁组合支架综合施工技术在桥梁中的应用[J]. 建筑技术开发, 2024, 51(8): 117-119.
- [34] 郑玉鸿. 桥梁工程中满堂支架现浇箱梁施工技术[J]. 交通世界, 2024(23): 170-172.