

乌金渡大桥跨堤引桥临时支架设计与受力分析

王相武

中交三公局第六工程有限公司

摘要: 为了对跨防洪大气桥梁现浇施工支架的合理结构形式进行研究,以乌金渡大桥跨堤引桥为依托,采用理论分析与数值计算的方法对组合支架的结构形式受力特性进行了研究。设计了系杆拱桥施工跨堤组合支架,并进行了支架受力计算。研究表明,在净空受限情况下可采用型钢与贝雷架相结合的方式解决跨堤支撑的要求,在堤坝范围可采用扩大基础支撑,避免了打入桩对堤坝稳定性的影响。有限元分析表明,提出的组合式支架结构在强度、刚度及稳定性均可满足施工过程的验算要求,是一种较为合理的支架结构形式。

关键词: 钢管混凝土拱桥; 施工支架; 支架设计; 受力分析

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2024.12.066

引言

混凝土结构在桥梁结构中占有重要的比例,混凝土桥梁常见的施工方法包括预制拼装、支架现浇、挂篮悬臂施工等。其中支架现浇施工时混凝土桥梁结构施工中最常见的一种施工方式。目前常见的混凝土支架结构形式包括盘扣支架、钢管配合型钢支架及钢管配合贝雷架支架等结构形式。

针对混凝土结构的现浇施工技术在国内外有大量的研究与工程应用。研究主要集中在混凝土现浇支架的安装施工工艺,混凝土现浇支架的安全控制等方面^[1]。李祥等人对高教桥梁施工过程中支架现浇施工技术进行了总结^[2]。有学者针对贝雷将组合钢管支架的安装、预压等方面进行了研究^[3]。也有学者对钢管柱门洞支架的应用进行了研究,从安全和经济的角度比较分析了钢管门洞支架的优势,并阐述了在施工工程中的应用^[4]。陈龙则结合盖梁和现浇箱梁施工支架,对钢管贝雷支架中的抱箍技术进行了研究,采用抱箍技术改进了钢管桩和贝雷架支架的结合方式^[5]。也有学者对支架的预压技术,及预压后预拱度的设置方法等相关内容进行了研究和总结^[6]。梁仕杰利用ansys对贝雷梁+满堂支架的支架结构进行了分析^[7]。

综上混凝土桥梁施工支架结构的相关研究均针对不同桥梁施工自身的特点,对其结构形式和施工要点展开。针对跨堤桥梁施工的组合式支架的研究较少,为了

对跨防洪大气桥梁现浇施工支架的合理结构形式进行研究,以乌金渡大桥跨堤引桥为依托,对组合支架的结构形式受力特性进行了研究。

一、项目概况

枞阳县乌金渡桥新建工程按一级公路标准设计,设计速度80km/h。项目主要控制性工程为横跨白荡湖的乌金渡桥。设计洪水频率为1/300,规划IV级航道,最高通航水位12.16米,最低通航水位6.91米。项目主要控制性工程为横跨白荡湖的乌金渡桥。乌金渡桥的桥跨布置为:4×30+5×30+70(下承式拱桥)+4×30+130(下承式拱桥)+3×30+4×30+4×30+4×30,共30跨9联。

跨堤引桥为70米下承式钢管拱桥,标准断面图见图1。断面的横向布置为1.5m吊杆区+0.5m防撞护栏+11m行车道+0.5m防撞护栏+1.5m吊杆区=15m。其中系梁采用箱型断面,高160cm,宽150cm,壁厚35cm,两侧系梁采用相同断面构造。

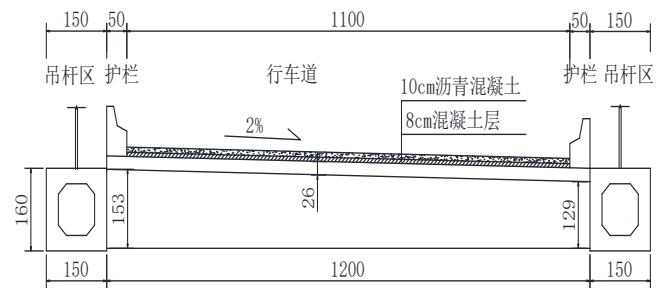


图1 乌金渡大桥断面示意图 (cm)

横梁采用变高度结构,桥梁内侧横梁高度为1.53m,外侧高度为1.29m,通过横梁高度调整,适应2%单向横坡的要求。端横梁采用箱型断面,高220cm~244cm,宽220cm;中横梁采用T型结构,高为123cm~147cm,顶宽100cm,底宽50cm。纵系梁、端横梁、中横梁的混凝土标号均为C50混凝土。系梁和横梁内均配置体内预应力,每根纵系梁内配置12束纵向预应力,纵向预应力的型号为12- Φ^s 15.2、16- Φ^s 15.2两种,中横梁内的预应力型号为16- Φ^s 15.2,端横梁的预应力型号与纵系梁相同。

二、支架结构设计

乌金渡大桥跨堤桥是S320会宫至横埠段改扩建工程上横跨白荡湖东岸防洪大堤,其中9#墩位于防洪大堤东

侧, 10#墩位于防洪大堤西侧白荡湖内, 其中承台至大堤堤脚段均为填筑黏土层。在桥梁施工过程中需要再保证跨堤桥上部结构顺利施工的同时, 满足东岸大堤防汛通行需求, 不对现有防洪大堤造成破坏。

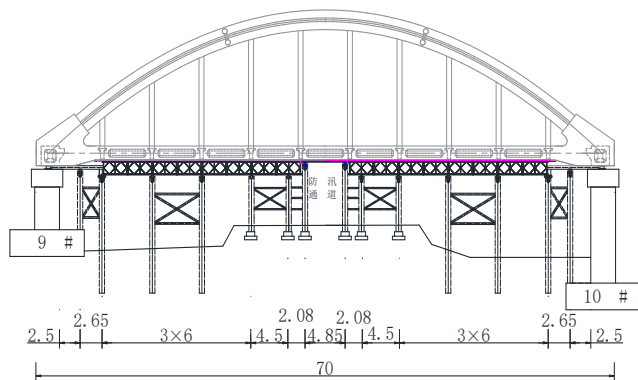


图2 支架总体布置图(m)

结合结构的特点, 施工条件及地质分布的情况, 本桥的施工支架采用组合式钢管支架结构, 见图2。支架采用 $\Phi 630\text{mm} \times 8\text{mm}$ 钢管支撑桩基础, 钢管立柱的纵向标准间距为6m, 在承台位置支撑在承台上, 白荡湖堤坝范围的钢管桩采用扩大基础, 其他位置均采用打入桩。在钢管上方, 沿着横桥向设置双拼45a工字钢作为承重横梁, 横梁上方设置贝雷架作为主要结构, 其中防洪通道范围采用纵向工字钢形式进行支撑, 纵桥向设置I36a工字钢分配梁, 分配梁顶安装模板系统, 为保证钢管桩基础整体稳定性, 使用20a槽钢设置纵横向平联。

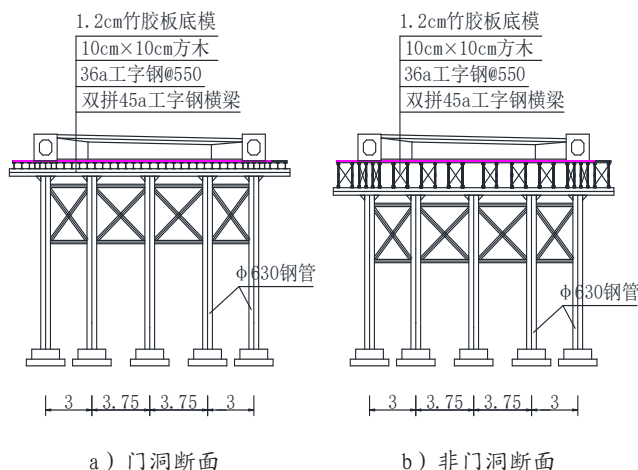


图3 支架断面示意(m)

支架的断面见图3, 其中门洞位置的断面分布见图3-a), I36a工字钢布置间距为0.55m。贝雷架支撑断面见图3-b), 贝雷架横向间距为0.9m, 其中系梁正下方间距为0.45m。钢管立柱上这只一组水平联系和斜撑联系, 联系杆型号采用I20工字钢。

本桥地质以淤泥质粉质黏土为主, 对于跨越堤坝区段位置, 为堤坝填筑土结构。基础平面位置经测量队放样完成后, 进行扩大基础反开挖, 开挖完成后需进行动力触探对地基承载力进行检测, 处理后地基承载能力不小于180kPa。扩大基础采用台阶式, 总厚度为0.85m, 基础底面尺寸为 $2.0\text{m} \times 2.0\text{m}$ 。对于防洪通道以外范围采用打入钢管桩基础进行施工。

三、支架受力分析

(一) 分析方法与计算模型

为了对组合支架的受力特点进行分析, 采用商业有限元软件MIDAS CIVIL软件建支架的有限元模型, 模拟支架结构的受力特点, 建立的有限元模型见图4。计算中支架底部设置支撑, 支架顶部与横梁之间约束采用铰接方式进行模拟, 贝雷架之间的连接采用铰接模拟, 贝雷支架与顶部分配横梁直接采用仅受压弹性连接进行模拟。

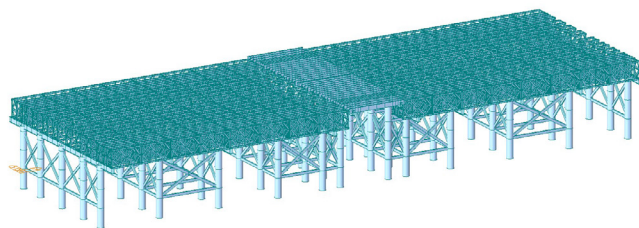


图4 拱脚定位支架示意图

在支架结构计算过程中考虑的主要荷载类型包括模板系统荷载: 木模板系统每平方米重量为0.225kPa。混凝土湿重荷载: 根据系杆、横梁、桥面板不同位置进行分区, 按照“条分法”加载到各个支架对应的立杆上。施工临时荷载与施工机械荷载: 施工临时荷载与施工机械荷载分别为 $2.0\text{kN}/\text{m}^2$ 和 $2.5\text{kN}/\text{m}^2$ 。拱肋支架反力: 拱肋安装只考虑钢管自重, 按照拱肋支架对应位置施加与结构上(单个节段最大重量为22.1t)。风荷载: 考虑静风压荷载, 设计基准风速按照23.4m/s计入, 按照结构断面计入横风荷载。施工车辆: 按照总重100t车辆在桥梁中间位置移动进行加载。其中施工车辆在桥面板安装后再实施加, 按照移动荷载在桥面上作为可变荷载进行计算。

(二) 主要分析结果

计算结果表明在结构自重、混凝土湿重及施工临时荷载共同作用下, 在荷载标准值组合下, 系梁正下方支架出现的最大变形值为5.5mm, 小于支架跨径的 $L/600$, 总体变形较小, 采用贝雷架与型钢组合的支架结构具有良好的刚度。在荷载作用的基本组合下, 贝雷架上、下弦杆的正应力分布情况见图5, 上、下弦杆出现的最大

正应力为104.5MPa，均小于弯曲应力设计强度270MPa，满足正应力强度验算的要求。上、下弦杆出现的最大剪应力为50.7MPa，小于抗剪设计强度155MPa，满足剪应力强度验算要求。腹杆出现的最大正应力为199.0MPa，腹杆出现的最大剪应力为9.7MPa，贝雷架均具有良好的强度。

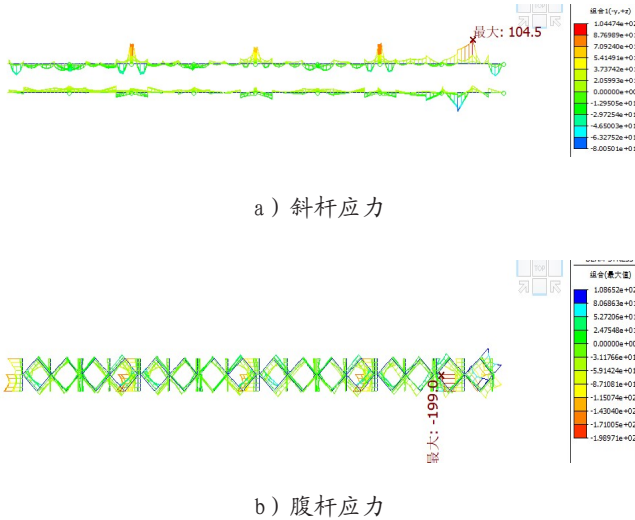


图5 荷载基本组合下贝雷架的最大应力 (MPa)

立柱顶部的双拼I45a横梁上缘出现的应力为140.0MPa，下缘出现的最大压应力为139.9MPa，最大应力出现在立柱正上方。出现的最大剪应力为76.1MPa，支架横梁的型号选择合理，具有良好的承载能力。中间防洪大地正上方的纵向分配梁I36a工字钢，上缘出现的最大应力86.7MPa，下缘出现的最大压应力为86.7MPa。出现的最大剪应力为15.0MPa，门洞上方的承载能力具有良好的承载能力。

钢管立柱的计算长度按照两端铰接考虑，计算长度考虑为12m，钢管立柱的长细比 $\lambda=109$ ，受压杆件的稳定系数 $\phi=0.543$ ，钢管立柱考虑稳定折减后的允许应力 $[\sigma]=103\text{MPa}$ ，计算所得的最大应力小于68.0MPa，因此支架立柱具有良好的稳定性。为了确保支架体系的总体稳定性，施工时需要注意控制好立柱横向之间剪刀撑的可靠性。

防洪大堤的土地实测的地基承载能力为240kPa，钢管桩基的设计入土深度为20.8m。分别对扩大基础和钢管桩基础的承载能力进行验算，验算结果见表1，本桥的组合支架具有良好的承载能力。

表1：基础承载力验算结果

项目	基础反力 (kN)	承载能力 (kPa)
扩大基础	884	960
钢管桩基础	986	1000

计算结果表明，本次设计的组合式支架结构在强度、刚度及稳定性上均满足施工过程的验算要求，基础具有良好的承载能力，满足施工过程对支架的要求。

结语

为了对跨堤桥梁施工支架的合理结构形式，以乌金渡大桥跨堤引桥为依托，对组合支架的合理结构与受力特性进行了研究，得到以下主要结论：

- (1) 结合乌迳渡大桥跨堤引桥的施工条件和地址特点，设计了一种由贝雷架和工字钢组合的系杆拱桥施工支架。
- (2) 组合支架基础采用打入钢管桩基础和扩大基础相结合的方式支撑，在堤坝范围采用扩大基础支撑，避免了打入桩对堤坝稳定性的影响。
- (3) 采用有限元模型，对组合支架的受力特性进行了全面的分析，研究表明组合式支架结构在强度、刚度及稳定性上均满足施工过程的验算要求。

参考文献

[1] 蔡吉宗. 公路工程支架现浇箱梁的施工及其安全风险[J]. 四川水泥, 2024, (02): 179-181.
 [2] 李祥, 陈明玉. 高架桥工程中的支架现浇预应力连续箱梁施工技术[J]. 建设机械技术与管理, 2023, 36(06): 103-105.
 [3] 李金远. 贝雷梁结合钢管支架在现浇箱梁施工中的应用[J]. 四川水泥, 2023, (12): 163-165.
 [4] 马文斌. 钢管柱门洞支架在市政工程桥涵施工中的应用[J]. 中国高新科技, 2023, (22): 44-46.
 [5] 陈龙. 钢管贝雷支架施工抱箍技术[J]. 居业, 2023, (12): 23-25.
 [6] 黄合. 道路桥梁工程中现浇箱梁支架施工技术优化研究[J]. 工程机械与维修, 2023, (06): 158-160.
 [7] 梁仕杰. 贝雷梁+满堂式支架的现浇箱梁施工技术[J]. 黑龙江交通科技, 2024, 47(02): 83-86.

作者简介：王相武（1992.11-），男，甘肃庆阳人，汉族，本科学历，工程师，研究方向（主要从事的工作）：路桥工程施工。