

涉水段桥梁桩基平台设计及关键施工技术

管光强

四川乐汉高速公路有限责任公司 四川 成都 610000

摘要: 涉水段桥梁桩基平台施工受水文、地质条件影响显著,安全风险高、设计与施工难度大。本文阐述了涉水段桥梁桩基平台的核心概念、设计理论及施工技术原理,分析设计所需的水文地质条件与各类荷载参数,详细探讨平台结构选型、核心构件及防护结构的具体设计方案,重点总结施工前期准备、桩基施工及平台搭设与拆除的关键技术要点。研究成果可为同类涉水段桥梁桩基平台的设计与施工提供实用参考,提升涉水施工的安全性、可靠性与经济性,解决涉水环境下平台设计不合理、施工效率低等问题。

关键词: 涉水段桥梁; 桩基平台设计; 关键施工技术

引言

随着高速公路等交通基础设施向偏远水域延伸,涉水段桥梁建设日益增多,桩基平台作为桩基施工的核心临时设施,其设计与施工质量直接决定工程安全与进度。涉水环境中,水流冲击、河床冲刷、水位变化等因素,导致平台设计与施工较陆地存在显著差异,易出现结构失稳、施工事故等问题。当前部分工程存在平台设计与现场实际脱节、施工技术不规范等现象。基于此,本文结合工程实践,系统研究涉水段桥梁桩基平台的设计条件、结构设计及关键施工技术,为工程实践提供技术支撑,推动涉水桥梁施工技术的完善与发展。

1 涉水段桥梁桩基平台相关理论基础

1.1 涉水段桥梁桩基平台核心概念

涉水段桥梁桩基平台是桥梁桩基施工中搭建于水面或浅水区的临时性作业平台,核心功能是为桩基钻孔、钢筋笼安装、水下混凝土浇筑等工序提供安全、稳定的作业空间,同时承担施工设备、人员及材料的荷载。其与陆地桩基作业平台的核心区别在于需适应涉水环境的特殊性,需兼顾抗水流冲击、防冲刷、抗倾覆等要求。涉水段施工环境界定以施工区域水位变化、水流流速、河床地质条件为核心,通常包括常年有水区域、季节性淹没区域及浅水区,需结合水文观测数据明确界定范围,为后续设计与施工提供依据。

1.2 桩基平台设计核心理论

桩基平台设计核心依托结构力学基础,需通过受力分析确保平台结构在各类荷载作用下的强度、刚度和稳定性,核心是合理分配荷载、优化构件选型。桩-土-水相互作用理论是设计的关键,涉水环境中,水流会对桩基产生水平冲击力,河床土体在水的渗透作用下承载力会发生变化,需考虑三者协同作用对平台结构的影响,通过理论计算

确定桩基埋深、间距及构件截面尺寸,避免因受力失衡导致平台坍塌或变形。

1.3 涉水施工关键技术原理

涉水施工关键技术原理围绕抗水流冲击、防冲刷与抗倾覆展开。抗水流冲击原理主要通过优化平台结构外形、增大构件抗冲系数,减少水流对平台及桩基的冲击力,降低水流扰动对施工的影响;防冲刷原理通过设置防护结构,减缓水流对河床及桩基底部的冲刷,避免桩基外露导致承载力下降;抗倾覆原理则通过合理布置桩基、增加平台自重或设置抗倾覆装置,平衡水流推力、施工荷载等产生的倾覆力矩,确保平台在复杂涉水环境中保持稳定^[1]。

2 涉水段桥梁桩基平台设计条件与荷载分析

涉水段桥梁桩基平台设计需以现场实际条件为前提,结合荷载作用规律确定设计参数,确保结构安全可靠、经济适用。(1)设计前提需全面调研现场条件:水文上,实地观测收集水位变化、流速、波浪及冲刷深度,明确常年、汛期及极端洪水水位;地质上,勘察河床地层、岩土性质及承载力,判断不良地层,确定桩基埋深及支护方案;同时结合通航等级、环保标准及施工规范,避免设计与实际脱节。(2)荷载类型及计算需贴合涉水环境:永久荷载含平台、桩基自重及固定设备重量,需精准核算构件参数;可变荷载包括施工荷载、水流力、波浪力及风荷载,按对应参数计算取值;偶然荷载考虑洪水、地震等突发情况,按规范预留安全余量。(3)荷载组合与验算遵循安全性原则,结合施工高峰期、汛期等不利工况,对平台及桩基进行承载力、刚度、稳定性验算,确保结构变形、应力控制在允许范围,为后续设计提供依据^[2]。

3 涉水段桥梁桩基平台结构设计

3.1 平台结构总体设计方案

平台结构总体设计需结合现场水文地质条件、施工工艺及经济性要求,遵循“安全可靠、施工便捷、经济合理”原则,具体设计内容如下:(1)结构形式选型,需结合水深、河床地质及施工工况确定。水深 $\leq 5\text{m}$ 、河床承载力 $\geq 150\text{kPa}$ 的浅水区,采用固定式平台,选用 $\phi 630 \times 10\text{mm}$ 钢管桩作为支撑,桩顶高程高于汛期最高水位 1.0m ,避免汛期淹没;水深 $> 5\text{m}$ 、水位变化幅度 $> 3\text{m}$ 的深水区,采用浮式平台,选用钢质浮箱拼接,单个浮箱尺寸为 $3\text{m} \times 2\text{m} \times 1.2\text{m}$,通过4根 $\phi 32\text{mm}$ 钢缆与岸边锚碇固定;复杂涉水环境(深浅水交替、河床起伏大)采用组合式平台,浅水区段采用固定式,深水区段采用浮式,衔接处采用柔性连接构件。(2)平面布置需匹配桩基施工需求,兼顾设备作业空间与安全距离。平面采用矩形布置,尺寸根据桩基数量、设备规格确定,一般宽度 $6\sim 8\text{m}$ 、长度按桩基排数核算,每排桩基对应平台宽度不小于 4m 。桩基作业区域划分独立工位,相邻工位间距 $\geq 2.0\text{m}$,预留 1.5m 宽安全通道,平台边缘设置 0.8m 高防护栏杆,栏杆间距 $\leq 15\text{cm}$ 。平台高程需高于施工期间最高水位 $0.8\sim 1.2\text{m}$,避免水流漫过平台影响施工。(3)基础选型需结合地质条件优化,河床为黏性土、承载力 $\geq 200\text{kPa}$ 时,采用摩擦桩,桩端嵌入持力层 $\geq 1.5\text{m}$;河床为砂层、卵石层时,采用端承摩擦桩,桩端嵌入中风化岩层 $\geq 0.5\text{m}$,降低冲刷对桩基稳定性的影响^[3]。

3.2 核心构件设计

核心构件设计需满足强度、刚度要求,结合涉水环境特点选型,具体设计如下:(1)桩基设计,优先选用Q355B级钢管桩,直径根据荷载核算确定,一般为 $\phi 500\sim \phi 800\text{mm}$,壁厚 $8\sim 12\text{mm}$,桩长按河床冲刷深度+持力层埋深+平台高度确定,埋深不小于冲刷深度的 1.5 倍。桩基间距按受力均匀原则布置,纵向间距 $3\sim 4\text{m}$,横向间距 $2.5\sim 3.0\text{m}$,避免间距过大导致平台变形。(2)主梁与次梁设计,主梁选用H型钢,型号 $\text{H}300 \times 150 \times 6.5 \times 9$,间距 $1.5\sim 2.0\text{m}$,直接承受施工设备荷载;次梁选用槽钢 16a ,间距 $0.8\sim 1.0\text{m}$,铺设于主梁之上,衔接主梁与面板。构件连接采用焊接+螺栓双重固定,焊接采用埋弧焊,焊缝高度不小于构件最小壁厚,螺栓选用高强度螺栓M24,间距 30cm ,确保连接可靠。(3)面板设计,采用花纹钢板铺设,厚度 8mm ,面板与次梁采用焊接固定,接缝处采用密封胶封堵,防止雨水、河水渗入构件内部导致锈蚀。面板表面预留排水孔,孔径 $\phi 50\text{mm}$,间距 1.5m ,及时排出积水,减少水分对结构的侵蚀。

3.3 防护结构设计

防护结构设计核心是抵御水流冲刷、船只撞击及构件锈蚀,结合现场实际设置针对性防护措施,具体如下:(1)防冲刷防护,桩基底部设置护筒,护筒采用 $\phi 800\sim \phi 1000\text{mm}$ 钢管,壁厚 12mm ,埋入河床以下 $1.0\sim 1.5\text{m}$,护筒外侧回填黏土夯实,形成防冲刷屏障;河床冲刷严重区域,在桩基周围铺设抛石防护,抛石粒径 $10\sim 20\text{cm}$,铺设厚度 $0.8\sim 1.0\text{m}$,范围为桩基周围 1.5m 内,减缓水流冲刷。(2)防撞防护,通航区域平台边缘设置防撞装置,采用 $\phi 219 \times 8\text{mm}$ 钢管拼接成防撞护栏,高度 1.2m ,与平台主梁焊接固定,护栏内侧设置橡胶缓冲层,厚度 5cm ,降低船只撞击时的冲击力;非通航区域设置简易防撞桩,间距 2.0m ,桩顶高于平台 0.5m ,阻挡漂浮物撞击平台。(3)防腐防护,所有钢构件均采用热镀锌处理,镀锌层厚度 $\geq 80\mu\text{m}$,现场焊接部位补涂防腐漆,采用环氧富锌底漆+聚氨酯面漆双层防护,底漆厚度 $60\mu\text{m}$,面漆厚度 $40\mu\text{m}$,定期检查并补涂,延长构件使用寿命^[4]。

4 涉水段桥梁桩基平台关键施工技术

4.1 施工前期准备技术

施工前期准备需立足涉水环境特殊性,全面落实各项准备工作,为后续施工奠定基础,技术要点如下:(1)施工场地布置与清理。先划定施工区域,采用浮式围栏界定作业范围,设置警示标志及通航警示灯,避免无关船只进入作业区。清理作业区域内漂浮物、障碍物及河床表层淤泥、杂物,浅水区采用挖掘机配合人工清理,深水区采用打捞船作业,确保施工区域无障碍物干扰。同时合理规划临时设施布置,在岸边搭建材料堆放区、设备检修区,材料堆放区需设置防水、防潮措施,设备检修区配备应急维修工具。(2)施工设备选型与调试。根据涉水环境及施工工艺,选用适配的专用设备:打桩船选用符合水深要求的浮式打桩船,钻机选用冲击钻或回旋钻,配备泥浆循环系统及水下浇筑设备。设备进场后,重点调试打桩船锚碇系统、钻机钻进参数、混凝土输送泵压力等,进行空载试运行,检查设备运行稳定性,排查设备故障,确保设备满足涉水施工安全要求。(3)测量放线与定位技术。采用GPS定位结合水准测量,建立施工控制网,精准放出桩基中心点位及平台搭设范围,设置牢固的定位桩及高程控制点。水下桩基定位采用水下定位仪辅助,反复校核点位偏差,确保桩基中心偏差不大于 5cm ,平台搭设定位偏差不大于 10cm ,同步记录测量数据,留存归档,为后续施工提供依据。

4.2 桩基施工关键技术

桩基施工是平台安全的核心,关键技术要点如下:(1)钢护筒埋设技术。根据水深及地质条件选用合适规

格钢护筒,浅水区采用人工配合挖掘机埋设,深水区采用打桩船吊装埋设。护筒采用Q355B级钢板制作,壁厚10~12mm,直径比桩基设计直径大10~20cm,埋入河床以下1.5~2.0m,护筒顶面高于施工最高水位0.8~1.2m。埋设后采用黏土分层回填夯实,确保护筒垂直、密封,防止河水渗入桩孔导致塌孔。(2)钻孔成孔技术。黏性土层采用回旋钻,砂层、卵石层采用冲击钻,钻进过程中控制钻进速度,黏性土钻进速度控制在1~1.5m/h,砂层控制在0.5~1m/h。采用泥浆护壁,泥浆比重控制在1.1~1.3,含砂率不大于8%,定期检测泥浆指标,及时调整,避免孔壁坍塌。钻进至设计深度后,采用清孔设备进行二次清孔,确保孔底沉渣厚度不大于5cm。(3)钢筋笼制作与安装技术。钢筋笼采用工厂预制、现场拼装,选用HRB400E级钢筋,严格按设计尺寸加工,主筋间距、箍筋间距偏差不大于10mm。安装时采用起重机配合吊装,钢筋笼底部设置导向装置,缓慢下放,避免碰撞孔壁,下放至设计位置后固定牢固,防止浇筑混凝土时上浮。(4)水下混凝土浇筑技术。采用导管法浇筑,导管选用无缝钢管,直径200~300mm,浇筑前进行水密性试验。混凝土采用C30水下混凝土,坍落度控制在180~220mm,浇筑时导管埋入混凝土深度控制在2~6m,连续浇筑不中断,浇筑高度高于设计桩顶0.5~1.0m,确保桩基混凝土密实。

4.3 平台搭设与拆除技术

平台搭设与拆除要兼顾安全性与施工便捷性,严格按施工流程操作,具体技术如下:(1)平台搭设技术。采用钢管桩作为支撑,按设计间距定位打设,钢管桩打设采用打桩船振动沉桩,确保桩顶平整、垂直度偏差不大于1%。主梁采用H型钢,次梁采用槽钢,构件运输采用驳船运送至作业区,现场拼装采用焊接+高强度螺栓连接,焊接采用埋弧焊,焊缝需进行探伤检测,螺栓连接扭矩值符合设计要求。面板采用花纹钢板铺设,接缝焊接密封,预留排水孔,防止积水。(2)平台固定技术。

搭设完成后,检查平台平整度及承载力,采用斜撑杆加固平台与桩基连接部位,浅水区设置抛石防护,深水区增设锚碇装置,确保平台在水流冲击下保持稳定。同步设置防护栏杆、安全网,栏杆高度不低于1.2m,安全网采用密目式安全网,覆盖整个作业区域。(3)平台拆除技术。拆除按“先附属后主体、先上部后下部”的顺序进行,先拆除面板、次梁,再拆除主梁,最后拆除桩基。拆除构件采用起重机吊装至驳船,严禁随意抛掷,拆除过程中监测平台变形,设置警戒区域,安排专人指挥,避免拆除作业影响周边环境及通航安全,拆除完成后清理现场,恢复原有水域环境^[5]。

结束语

本文围绕涉水段桥梁桩基平台设计及关键施工技术展开系统研究,结合实际工程需求,明确了设计条件与荷载计算方法,优化了平台结构设计方案,总结了各施工环节的关键技术要点,解决了涉水环境下平台设计与施工的核心难点。通过科学的设计验算与规范的施工操作,可有效提升平台的安全性及稳定性,降低施工风险。后续可结合更多复杂水文地质条件,进一步优化结构设计及施工工艺,推动涉水段桥梁桩基平台设计与施工技术向更高效、更安全、更经济的方向发展。

参考文献

- [1]周功建,赵训刚,刘杰,陈涛.大跨桥梁智能建造关键共性技术研究[J].桥梁建设,2025,55(6):16-24.
- [2]燕艳朋.桥梁桩基钻孔灌注桩施工技术研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2025(8):022-025.
- [3]高健康,蔡兰兰,张磊,纪红皇.桥梁桩基钻孔钢平台设计与施工技术研究[J].广东建材,2026,42(2):122-126.
- [4]刘康熙.桥梁深水桩基钻孔平台设计与施工[J].新疆钢铁,2024(3):92-94.
- [5]连延金.双屿门通航孔桥六横侧索塔桩基施工关键技术[J].铁道建筑技术,2025(1):131-134,149.