

湖泊钢板桩围堰设计计算、施工工艺与监测分析

唐川 闻吉烽 孔德彪 赵勇
云南省建筑科学研究院 云南昆明 650223

DOI:10.32629/ems.v8i6.20534

[摘 要] 针对湖泊丁坝根部箱涵施工所面临的淤泥地质与潮汐影响难题,本文提出了一种双层拉森钢板桩围堰结合内侧黏土加压的组合支护方案。基于有效应力法,计算了不同泥面高程下钢板桩的入土深度与土压力分布,确定了 12m 长 SP-III 型钢板桩及-0.5m 的控制回填标高。在此基础上,系统阐述了“分区定位打设一桩间黏土填充一振动延时拔除”的全套施工工艺,并建立了涵盖位移、沉降及渗水的全过程监测机制。监测结果表明,围堰体系安全可控。该方案有效解决了浅水区软土地基的支护与防渗问题,可为同类涉水工程提供参考。

[关键词] 钢板桩围堰;有效应力法;监测;施工

1 引言

钢板桩围堰作为水工与岩土工程领域中常见的临时支护结构形式,因其施工便捷、止水性能良好及可重复利用等优点,被广泛应用于桥梁基础、水闸工程及港口建设中^[1]。随着工程规模的不断扩大及施工环境的复杂化,围堰结构的稳定性问题逐渐成为研究热点。

在理论分析方面,基于朗肯土压力理论及有效应力原理的计算方法已较为成熟,但在复杂地层及水土耦合作用条件下仍存在一定局限性^[2-3]。在施工工艺方面,通过优化开挖顺序与支撑体系布置,可有效降低围堰变形。李亮针对传统施工工艺进行优化改进,采用先初步抽水、再架设支撑体系、最后一次性降水至设计标高的施工流程,工程实践表明该工艺可有效抑制钢板桩及周边土体变形。兰文斌针对钢板桩施工关键工艺及质量检测要点开展了专项研究。李绍敏等研究

了拉森钢板桩在蓄水工程中的应用,效果良好^[4]。

2. 工程概况

本文依托湖泊建设工程开展特定条件下施工难点研究。该项目需要在丁坝根部采用钢板桩施工工艺建设水闸。建成后的构筑物的丁坝根部范围内容容易出现淤泥堆积。为解决淤泥层堆积引起的水闸引水、排水运行造成不利影响,结合设计要求,需在水闸衔接部位构建新的钢筋混凝土箱涵。项目地基处理旋喷桩,施工内容主要包括 393 根旋喷桩和 9 个取排水箱涵^[5]。

3 钢板桩设计计算

3.1 参数设计

钢板桩的设计参数为:桩顶高程 4.0m、水位高程 2.0m;河床标高 1-1 为-1.5m,2-2 为 0.5m,3-3 和 4-4 为 3.2m;采用 SP-III 型钢板桩,具体尺寸见表 1 所示。

表 1 SP-III 型拉森钢板桩规格

尺寸规格				单根钢板桩		
宽度/w (mm)	高度/h (mm)	厚度/t (mm)	截面积 cm ²	理论重量 Kg/m	惯性矩 cm ⁴	截面模量 cm ³
400	125	13	76.42	60	2220	223

采用有效应力法,基于主动与被动土压力计算,并对桩

表 2 有效应力分析土压力系数

趾取矩进行稳定性分析,地基土土压力相关系数见表 2 所示。

土类	Ka	Kac	Kp	Kpc
细砂（松散）	0.317	—	3.963	—
软弱黏土	0.494	1.406	2.193	2.962
砂、砾石	0.229	—	6.493	—
硬质黏土	0.444	1.333	2.512	3.170

由上表数据可知，区域主要是软黏土，具体取值如下：

$Ka=0.494, Kp=2.193, Kac=1.406, Kpc=2.962, \gamma_c=2, c'k=1.2$ 。

3.2 计算过程

在计算环节，需考虑钢板桩顶的实际高度，具体为：高程+4m，水位+2m，泥面高程由-1.5m至+3.2m渐变。

（1）工况一（泥面-1.5m）计算过程

区域内设定的钢板桩顶高程举例泥面的距离较大，因此，需要较大的入土深度进行调整，以此维持稳定性。

区域设置 12m 钢板桩，设计环节，在钢板桩围堰内侧采用黏土进行加压，通过这种方式，能够保证系统的稳定性，提升结构的稳定性^[6-7]。同时，将加压黏土顶高程设为 x，推理算出高程距离。

-1.5m 处：

主动土压力： $Pa=0.494 \times 0+9.81 \times (2+1.5)=34.335 \text{ Kpa}$ ；

被动土压力： $Pp=2.193 \times (18.5-9.81) \times (x+1.5)=19.057 \times (x+1.5)$ ；

-8m 处：

主 动 土 压 力 ： $Pa=0.494 \times [(18.5-9.81) \times (8-1.5)+34.33]+9.81 \times (2+8)=142.96 \text{ Kpa}$ ；

被 动 土 压 力 ： $Pp=2.193 \times 19.057 \times (x+1.5)+9.81 \times (x+8)=41.792 \times (x+1.5)+9.81 \times (x+8)$ ；

（2）工况二（泥面+0.5m）计算过程

计算之前，需做好现场的调研工作，调研土压力分布情况，此区域的土压力分布不均匀，需要进一步进行试算。

此环节，结合现场施工需求，设计桩趾高程为-5.67m。

在此基础上进行计算主动土和被动土的压力力矩，分别是 1118.842、1119.475 $\text{kN} \cdot \text{m/m}$ ；

4 钢板桩施工方法

4.1 钢板桩打设施工

（1）设备选择

在设备选择环节，需要考虑实际的施工要求，结合具体的模式进行研究，此环节采用了 SP-III 型拉森钢板桩，提取技术参数，然后，结合地质资料和作业条件，选择合适的桩长。实际操作和施工环节，需采用专业打桩机和挖掘机，做好振动锤的改装设计，合理计算动力，如表 3 所示。

表 3 钢板桩参数

类型	截面宽（mm）	截面高（mm）	板厚（mm）	单根长度（mm）
SP-III	400	125	13	9000~12000

（2）施工方法

①测量定位

按规范间距设置导向桩，导向桩直接采用钢板桩制作，桩间拉设准绳作为控制线。钢板桩施打过程中，依托控制线严格校正桩体轴线，确保打桩位置与垂直度满足设计及规范要求^[8-9-10]。钢板桩遵循分区、有序施打原则，内侧按 A→B→C→D→E→F 顺序施工，外侧按 H→I→J→K→L→M 顺序推进，具体打设顺序如图 2 所示。

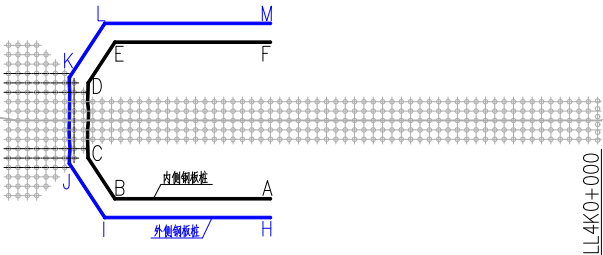


图 2 钢板桩打设顺序示意图

（3）安全操作规程

从安全管理角度出发，需做好各类吊机的安全管理工作，分析系统存在的异常情况，结合系统的运行原理，做好挖掘

机吊装工作,避免系统出现剧烈摇晃的安全事故。

做好现场人员的专业培训工作,提升人员的安全防范能力。做好现场的处理工作,保障现场平坦,机器运行的时候,要注意匀速,避免出现严重晃动。

比如,吊桩环节,应该采用专业的钢丝绳和锁扣,保证整体结构的稳定性,人员需要具备专业能力和职业素养,操作的时候,遵循“轻拿轻放”的原则。

打拔桩环节,需要考虑系统的负载问题,不能出现超荷载的情况,避免出现现场事故。做好人员的岗前培训,要求,人员必须具备较强的专业能力和工作经验,操作的时候,能够保证全程稳定运行,尽量减少钢板桩的摆动。此外,还需要考虑外在的环境,尽量避免在大风、大雨的天气中运行作业,如果发现桩体弯曲的情况,应该及时采取安全措施,保证操作的稳定性^[11-12]。

5 结论

(1) 经有效应力法验算,本工程选用 12m 长 SP-III 型拉森钢板桩,在泥面低洼区 (-1.5m) 通过内侧回填黏土至 -0.5m,在泥面较高区 (+0.5m) 通过保证入土深度 6.6m 以上,均能使被动抵抗力矩满足规范要求,结构整体安全系数达标。

(2) 形成了“测量定位→分区有序打设→桩间黏土填充→分步延时振动拔除”的成套施工工艺。工程实践表明,明确的分区顺序和桩间黏土填充是保障双层钢板桩防渗效果的关键。

(3) 建立了位移、沉降及渗水定期监测机制,配套了潜水泵强制排水、增设拉杆缆绳等应急处置措施,有效防控了施工期间的安全风险。

(4) 该围堰方案施工高效、经济性好,在长江流域同类涉水软基工程中具有较强的推广应用价值。

[参考文献]

- [1] 徐卫军,马水山. 长江堤防钢板桩防渗工程安全监测[J]. 人民长江, 2001(04):6-8.
- [2] 陈志强,王建国. 钢板桩围堰受力与变形分析[J]. 岩土工程学报, 2018, 40(5):912-918.
- [3] 张伟,刘涛. 深基坑钢板桩支护结构稳定性研究[J]. 工程力学, 2017, 34(9):156-162.
- [4] 周强. 钢板桩围堰施工技术及应用[J]. 水运工程, 2021(3):45-49.
- [5] 李亮. 施工顺序对钢板桩围堰安全性的影响[J]. 交通科技, 2018(03):94-97.
- [6] 兰文斌. 某桥梁工程钢板桩支护设计、施工与监测[J]. 科技展望, 2016, 26(16):23.
- [7] 李绍敏,王鹏. 拉森钢板桩在蓄水池工程中的应用[J]. 中国水运(下半月), 2017, 17(03):138-140.
- [8] 赵挺生,周萌,唐菁菁,杜婷. 某钢板桩围堰施工监测与分析[J]. 结构工程师, 2012, 28(01):140-145.
- [9] 李亮. 钢板桩围堰施工工艺优化研究[J]. 施工技术, 2019, 48(12):85-88.
- [10] 兰文斌. 钢板桩施工质量控制技术[J]. 建筑施工, 2020, 42(6):1023-1026.
- [11] 张磊,胡建华. 软土地区钢板桩围堰稳定性分析[J]. 岩土工程技术, 2020(4):210-214.
- [12] 刘洋. 钢板桩围堰监测与信息化施工研究[J]. 建筑科学, 2022, 38(2):134-139.

作者简介:唐川(1988年8月-),男,汉族,本科学历,四川资中县人,工程师,主要从事房建工程、市政工程检测及高速公路定期检查工作。