

肖梁河闸高边坡基坑双排钢板桩支护稳定分析

郦 华¹ 张木云² 周建方³ 眭夕梅³ 袁航海¹

1.丹阳市水利局陵口水利站 江苏丹阳 212300

2.丹阳市水利局延陵水利站 江苏丹阳 212300

3.丹阳市水利局 江苏丹阳 212300

摘 要: 九曲河备用水源地达标建设工程肖梁河闸位于X201县道侧, 施工期间要求公路不断交通, 不破坏道路侧行道树, 充分考虑工程建成后的生态效果, 因此选用双排拉森钢板桩进行基坑开挖时支护, 保证河坡稳定。本研究结合管井降水与单、双排钢板桩在基坑边坡稳定中的分析, 用边坡计算软件计算了工程施工过程中边坡的稳定系数的变化, 对工艺的适用性进行了探讨。

关键词: 基坑支护; 钢板桩支护; 管井降水; 边坡稳定

Analysis on stability of double row steel sheet pile support for high slope foundation pit of Xiaolianghe Sluice

Hua Li¹, Muyun Zhang², Jianfang Zhou³, Ximei Sui³, Hanghai Yuan¹

(1.Danyang Water Resources Bureau, Lingkou District, Danyang212300,China;

2. Danyang Water Resources Bureau, Yanling District, Danyang212300,China;

3. Danyang Water Resources Bureau,Danyang212300,China)

Abstract: The Xiaoliang River Sluice Gate of the Jiuqu River Backup Water Source Construction Project is located on the side of X201 County Road. During the construction period, it is required to ensure uninterrupted traffic on the road and not to damage the trees on the roadside, fully considering the ecological effect after the completion of the project. Therefore, this article selected double-row Larsen steel sheet piles for the excavation support to ensure the stability of the river slope. This study combined the analysis of wellpoint dewatering and the stability of single and double-row steel sheet piles on the slope stability of the foundation pit, and used slope stability analysis software to calculate the variation of the stability coefficient of the slope during the construction process. The applicability of the technology was also discussed.

Keywords: Foundation pit support; Steel sheet pile support; Tube-well precipitation; Slope stability

肖梁河闸是丹阳市九曲河备用水源地达标建设项目节点工程, 是保护丹阳市饮用水源地、涵养生态的民生工程, 社会面意义重大。该项目施工场地狭小, 闸站河侧道路交通量大, 河道边坡高陡, 地质条件较差, 基坑开挖难度较大, 且工期紧凑, 因此闸站基坑支护安全性和便捷性就显得尤为重要。拉森钢板桩因其结构轻、强度高, 施工快捷, 经济环保且可循环重复利用的优点^[1], 被广泛利用于水工结构基坑支护中。常用的钢板桩基坑支护方式有悬臂式、锚拉式和支撑式等不同支护形式。通常基坑支护钢板桩型式采用较常用的U型式, 直接采用型钢正反扣组成的连续型钢板墙, 既可作为基坑支护, 同时对边坡防渗稳定也有作用。

一、工程概况

肖梁河闸工程位于肖梁河北侧, 距肖梁河与九曲河交汇处约80m的位置。新建闸站工程集溢流坝、水闸、泵站于一

体, 拦水坝布置于中间, 水闸和泵站布置于拦水坝东、西两侧^[2]。

主要工程内容: 新建拦水坝1座, 设计洪水水位下过流量不小于48.69 m³/s; 新建2*2m的水闸1座, 设计过流不小于4.61 m³/s; 新建350ZQ-160湿式潜水轴流泵站1座, 设计过流量0.3 m³/s; 上、下游50米河坡砼护砌及绿化等。

本工程实施后, 主要功能为保护九曲河备用水源地水质, 控制肖梁河水流入九曲河产生不利影响。同时由于闸身为挡水结构, 必须兼顾肖梁河沿线农田灌溉及企业生产引水需求。工程实施后, 对保护丹阳市九曲河一级水源地水质安全, 提升水环境, 改善饮水安全有重要作用。

二、水文地质及工程设计

2.1水文地质

九曲河、肖梁河属于湖西地区丹阳市境内骨干河道, 均是受长江引排潮影响的感潮河段, 正常水位在3.50-3.80m之

间(吴淞高程,下同),肖梁河与肖梁河口闸处构成河坡及基坑地质条件:土层物理参数第①层:杂填土,为灰黄色轻、重粉质壤土,渗透系数 K 值 $2.31 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 。第②层:粉质粘土夹粉土,渗透系数 K 值 $5.88 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 。第③-1层:淤泥质粉质粘土,渗透系数 K 值 $4.41 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ 。第③-2层:粉质粘土夹粉土,渗透系数 K 值 $5.60 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 。第④层:淤泥质粉质粘土夹粉土,渗透系数 K 值 $5.00 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ 。第⑤层:粉质粘土,渗透系数 K 值 $3.02 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ 。

2.2 工程设计方案

肖梁河口闸站底板底高程 $-0.40 \sim -0.30 \text{m}$,座落于第③-1、③-2土层,闸站底板为 $20 \times 24.4 \text{m}$ (长 \times 宽),砼底板厚度 70cm 。第③-1土层、第③-2土层地基承载力分别为 70kPa 、 90kPa ,压缩系数 0.483 、 0.227 ,地基承载后变形量较大,因此工程底板下地基处理采用 $\text{PHC}300(70)-\text{AB}-\text{C}80$ 预制管桩方案,预制管桩长 6m ,横向间距 1.2m ,纵向间距 1.0m ,总根数为 408 根。

三、施工方案

肖梁河河岸东侧紧临 $\text{X}201$ 县道,路侧路肩宽约为 $2-2.5 \text{m}$,路肩边为水杉行道树,闸站工程所处河道由于主要为淤泥质粘土夹粉土,土质较差。自从1999年丹阳市湖西引排九曲河整治一期工程进行疏浚后,河道再未实施过清淤工程。目前肖梁河入九曲河口处淤塞严重,最深处淤积深度近 2.6m ,枯水期河道口水深只有 0.8m 左右。现将主要施工步骤简介如下:

首先在工程河道位置上、下游处填筑两座施工粉质粘土围堰,围堰间距 200m ,根据围堰级别、围堰周边环境、地质复杂程度和围堰深度,围堰安全等级为二级。在临九曲河侧围堰迎水坡面进行彩条布铺设,用以提高围堰坝体的防渗能力。

基坑河道表面淤泥用高压泥浆泵泵送至周边泥库,清淤同时对河坡面进行清杂、整坡作业,打通拉森钢板桩机施工通道。场地整理后,履带式压桩机进场,沿东临公路侧河坡进行单边 25m 长,共 50m 双排 U 型拉森钢板桩(12m)施工,型号采用 SP-VI_L ,单根宽度 500mm ,高度 225mm , U 型互扣后每延米惯性矩 86000mm^4 ,截面模量 3820mm^3 。下排钢板桩施打后顶高程 $\nabla 3.50 \text{m}$,上排钢板桩施打后顶高程 $\nabla 7.00 \text{m}$,双排桩间距 2.2m 。双排桩中间土坡整理成一定缓坡的二级平台,布置见图1。

河底表面淤泥清除后,进行基坑放样,按设计方案在闸站底板外缘 $1-2 \text{m}$ 处布置轻型井点系统。在实际施工过程中,挖机开挖土方至 $\nabla 2.0 \text{m}$ 左右时,基坑河道中心处由于轻型井点降水作用对基坑中心底部渗水辐射范围有限,基底淤泥质粉质粘土夹粉土地基由于挖掘机来回走动,导致粉土液化,基坑翻浆严重,给后续工序安排和推进增加了难度。

为使闸站工程汛期前水下部分按时完工,须抢抓工期,争分夺秒。综合工程水文特征、地质情况,经联系设计单位现场踏勘,根据现场情况将轻型井点降水调整为轻型井点+管井降水组合方式进行基坑

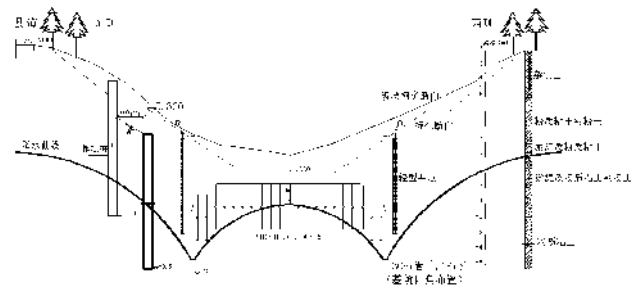


图1 基坑管井、钢板桩平面布置图

降水。具体方案为闸站基坑四角增设 4 根管井,同时沿基坑外河道两侧增设两排直径 $\phi 300 \text{mm}$ 管井,深度 18m ,间隔 15m 布置,基坑两侧河道 8 根,总计 12 根。经组合降水系统排水 $5-6$ 天后,基坑底部土层基本达到干燥状态,挖掘机随即下场进行基坑土方开挖,土方施工至河道底部 $\nabla 1.50 \text{m}$ 高程,预留 1m 左右预制管桩施工保护层,兼作预制管桩工作面。

基坑预制管桩工作面清理后,履带式管桩压机随即进场进行预制管桩施工。预制管桩施工完毕后,挖掘机开挖基础保护层土至闸站底板高程,进行砼垫层和预制管桩钢筋笼接头施工,绑扎底板钢筋,四方验收后浇筑底板砼。

四、降水方式及边坡稳定分析

考虑本项目地质水文情况,底板基础施工须经基坑降排水才能有效实施,预制管桩和底板施工能否顺利实施关键在于降水是否到位,对地下水水位控制是否切实有效,同时也要注意过度降水造成地面沉降,对路侧公路行车安全带来不可控的负面影响。因此采用有效适合工程实地情况的降水方式组合是控制施工工期,确保工程实施成功与否的关键保障措施。

4.1 降水方式选择及计算

4.1.1 含水层相关参数的确定

本工程管井深度为18m, 未能完全穿越软弱土层, 同时也未能到达不透水层, 故管井按无压非完整井计算出水量。

管井布置为沿河道两侧底部高程3.5m各布置一排, 间距为15m, 两侧围堰内河道长度为160m, 管井内包围闸站基坑降水面积 $A = 30 \times 40 \text{ m}^2$ 。管井底高程为 $\nabla -14.5\text{m}$ 。

河道水位为 $\nabla 3.50\text{m}$, 底部弱透水层 $\nabla -22\text{m}$, 含水层厚度 H_0 考虑为25.5m。基坑降水深度 S 为3.5m。根据无压非完整井公式计算基坑总出流量 Q [3-4]:

$$Q = \frac{1.366k(2H_0 - S)S}{\lg(1 + \frac{R}{r_0})} \quad (1)$$

其中: 基坑抽水影响半径 R 按库萨金公式进行计算

$$R = 1.95 * S * \sqrt{H_0 * K} \quad (2)$$

基坑假想出水半径 r_0

$$r_0 = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \quad (3)$$

单眼管井出水量, 根据经验公式:

$$q = 120\pi r^2 l \sqrt{K} \quad (4)$$

上式中 r 为井管半径, 0.15m, l 为包纱网滤水管高度, 本工程包纱滤水管高度为6.5m; k 取4.8m/d。

$$Q = 553.53 \text{ m}^3/\text{d}, \quad q = 137.6 \text{ m}^3/\text{d}$$

4.1.2 深井数量

基坑所需井管数 $n = 1.1 Q / q = 4.42$ 根, 考虑原有轻型井点出水量因素。基坑四角各布设一根, 满足降水要求。

4.1.3 降水天数计算

基坑降水方案不仅要确定管井数量, 也要根据工程地质土层情况对降水过程进行预估, 以便在工程过程中能较好地估算达到预降水位的降水历时。同时尽量减少降水时间, 以免引起基坑侧道路不均匀沉降, 及时安排工程下道工序作业。因此在本工程管井降水计算中引入给水度概念, 估算降水时间。

$$d = \alpha * Q_m / q * n = \alpha * V_m * \zeta / q * n \quad (5)$$

式中: V_m 为基坑最大降水深度范围内土体体积, 本工程最大降水深度为8.5 m; ζ 为给水度, 一般取0.15; α 为考虑各土层毛细管水、有机质含量、土层不均匀系数等参数, 通过工程实例和经验值, 砂性土1~1.3, 粉性土1.6~2.5; 粘性土2.2~3.1, 本工程项目取值1.9。

$d = 5.3$ 天。跟工程实际情况降水天数基本吻合, 达到了基坑降水的预期效果。

4.2 钢板桩边坡计算分析

当河道边坡内部土应力达到主动极限平衡状态, 坡顶出现拉应力, 坡顶产生裂缝, 目前常用边坡稳定计算采用摩尔库仑原理, 滑动面假定为圆弧滑动面, 计算方法有瑞典条分法、毕肖普法等, 本工程用岩土工程边坡稳定软件分工况对公路侧河道边坡进行了稳定分析计算。

通过对各种位置支护钢板桩边坡稳定分析, 上、下层单排桩边坡安全系数相差不大, 拉森钢板桩为柔性桩, 在土压力作用下, 单排桩悬臂端会产生较大的水平位移, 在基坑开挖过程中, 随着基坑侧应力释放, 致使桩顶水平位移不满足工程基坑安全要求, 基坑顶部产生过大水平裂缝, 对基坑带来极大安全隐患。双层钢板桩实施后, 稳定安全系数大幅跃升, 安全储备增大, 这对道路侧安全施工极为必要。双排桩支护稳定性高的主要原因是双桩及桩间土形成了共同桩土复合体, 提高了边坡抗剪强度、滑动面的摩擦系数等相关因素引起的。同时为保证双排桩和桩间土能形成整体, 双排桩间距宜在2D~5D之间 (D为桩互扣后板间厚度), 过大会导致桩土无法形成共同作用, 对提高稳定安全系数有限。

五、结语

(1) 河道内工程由于工程地质条件复杂, 土方开挖受限, 地基开挖不可避免要进行降水工程措施, 因些在参数选取上应经过充分的工程类比论证后方可采用。

(2) 双排拉森钢板桩有效地解决了公路侧河道工程场地狭小, 交通不断流的难题, 缩短施工工期, 提高了深基坑的边坡稳定性和安全性、施工便捷性。

(3) 施工中要严格按基坑相关规范进行位移监测。同时要加强对后续汛期河坡安全的动态观测, 确保工程运营期的稳定。

参考文献:

- [1] 聂耳清, 顶端对撑钢板桩支护结构设计方法[J], 江苏水利, 2016 (8), 34-37, 41.
- [2] SL265-2016水闸设计规范[S]. 中华人民共和国水利部, 2016.
- [3] 薛朝阳, 许荫椿等, 水力学[M], 河海大学出版社, 1989, 608-613.
- [4] 汪亮, 吴达, 李盛等, 井管与井点相结合的降水方案在降低地下水位中的应用[J], 江苏水利, 2016 (9), 9-12.