

斐济瑞瓦河供水工程取水口钢板桩围堰施工技术

杨晓永, 高强

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 成都 610036)

摘要: 钢板桩围堰因其具有施工快捷方便、防渗效果良好等优点, 已被广泛应用于水中围堰施工。钢板桩作为一种临时支护结构通过一定的咬合连接措施使其抗弯强度符合设计要求, 与围堰共同作用形成围挡结构, 对其应用情况进行研究具有重要的意义。以斐济瑞瓦河供水工程取水口钢板桩围堰施工为例对钢板桩围堰的设计与施工进行了探讨。

关键词: 取水口; 钢板桩; 围堰; 设计; 施工; 瑞瓦河供水工程

中图分类号: TV7; TV52; TV551; TV553

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2023)04-0005-04

Construction Technology of Steel Sheet Pile Cofferdam at the Intake of the Rewa River Water Supply Project in Fiji

YANG Xiaoyong, GAO Qiang

(Sinohydro Bureau 10 Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610036)

Abstract: The steel sheet pile cofferdam has been widely used in water cofferdam construction because of its advantages of quick and convenient construction and good anti-seepage effect. As a temporary supporting structure, the steel sheet pile can make the bending strength meet the design requirements through certain joint measures, and form the enclosure structure together with the cofferdam. It is of great significance to study its application. Take as an example the construction of steel sheet pile cofferdam at the intake of the water supply project of Rewa River in Fiji, this paper discusses the design and construction of steel sheet pile cofferdam.

Key words: Intake; Steel sheet pile; Cofferdam; Design; Construction; Rewa River Water Supply Project

1 概述

近年来国内在一些基础工程建设中多次采用钢板桩进行支护, 取得了一些宝贵经验, 促使钢板桩围堰施工技术得到了一定程度的普及与推广。钢板桩围堰的作用是挡住基坑四周的干扰因素, 防止土体滑移或防止水流进入基坑进而形成基坑干地施工环境。由于其施工用途和地质环境条件不同, 导致其具体的施工工艺和施工注意事项存在很大的差异。虽然我国钢板桩施工技术已很成熟, 但在深基坑施工中对其相关技术的应用还有待进一步加强。采用钢板桩围堰施工技术对周围环境的影响较小。钢板桩结构具有重量轻、强度高、锁口紧密、施工简便、工序简单、工期短、安全性高、环保效果显著等特点, 能够大大减少基坑渗水、流沙等问题, 取得了极好的社会与经济效益。以中国水利水电第十工程局有限公司承建的南太平洋地区斐济瑞瓦河供水工程取水口钢板桩围堰

为例, 阐述了钢板桩围堰的设计与施工情况。

斐济瑞瓦河供水工程的建设采用由中国水利水电第十工程局有限公司和中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司组成联营体的方式, 按照 EPC 模式实施, 业主工程师由澳大利亚雪山公司 (SMEC) 和法国爱集思公司 (EGIS) 联营体负责, 项目业主为斐济水务局 (Water Authority of Fiji)。

项目由两个标段组成, 分别是标段一的水厂 DBO 标和标段二的重力管线 GM 标段。水厂 DBO 标段的水处理厂包括取水泵站、初沉池、絮凝池、澄清池、重力滤池、清水池、送水泵房、储药间、加氯间、污泥塘等; 重力管线 GM 标段包括长度为 17.8 km 的 DN900 mm 钢质输水管线。

瑞瓦河是斐济的主要河流之一, 雨季和旱季的流量相差较大, 该地区年内降雨量很大, 没有真正的旱季 (因为没有一个月的平均降雨量低于 60 mm)。每年的平均降雨量为 3 000 mm, 最干旱

收稿日期: 2023-03-30

的月份为7月,平均降雨量为125 mm。像许多热带雨林气候一样,该地区全年气温相对稳定,平均温度约为25℃。

针对该工程,项目部在水力模型中进行了三次设计数值模拟。水处理厂取水口位置200 a一遇洪水的水位高程为17.1 m,100 a一遇洪水的水位高程为17.0 m。鉴于水力模型的可用数据和地形建模程度,进水口设计采用最大水位高程17.5 m。

取水口结构位于瑞瓦河南岸一个相对平坦的中间台阶上。其堤岸的上游坡度非常陡,比中间部位的平地高出30°~60°;下游的坡度约为30°~40°。河岸两侧存在大量侵蚀河道和滑坡特征,其下游长满了茂密的植被,粉质砂、砂质土和淤泥等特征较明显,基岩广泛分布于河底。

2 围堰施工的难点

由于该工程取水口结构位于瑞瓦河南岸一个相对平坦的中间台阶上,而且大部分河岸植被覆盖较低,暴露出的粉质砂、砂质土和淤泥等特征较明显,加之该地区全年降水量很大,严格来说没有明显的旱季,故围堰工程的施工应尽量选择降雨量较少的6~9月。因此,围堰施工前期的机械设备、材料准备等工作就显得尤为关键;同时给围堰施工期的组织安排及施工质量、施工时效等造

成巨大挑战。如果在枯水期内未完成围堰及取水口的建设,工程极有可能被河水淹没。同时,因河岸岩体组成多为粉质砂、砂质土和淤泥,导致钢板桩的入岩深度等一系列问题也会成为工程建设的一大难点。

3 引流方式及导流标准

考虑到河流水位问题,在建造取水口结构时计划在枯水期(6~9月)施工;采用土石围堰插打钢板桩围堰并在围堰外围设置一道污泥拦污屏,以尽量减少工程施工对瑞瓦河造成的污染。基于业主提供的瑞瓦河相关数据进行计算得知:围堰施工采用5 a一遇洪水标准作为导流标准,枯水期(6~9月)流量为1 242 m³/s,相应水位高程为4.5 m。

4 围堰设计

4.1 围堰断面

导流结构采用土石围堰结合钢板桩围堰挡水,钢板桩围堰顶的标高设置为5 m,钢板桩围堰的长度约为165 m。采用长度为9 m的钢板桩,桩身插入基岩的深度为1 m。

土石围堰作为钢板桩的施工通道及支撑,其填筑高度为4.5 m,顶宽5 m,对于其堰顶考虑填筑砂石料,邻河侧边坡考虑码砌生态袋以防冲刷。围堰断面情况见图1。

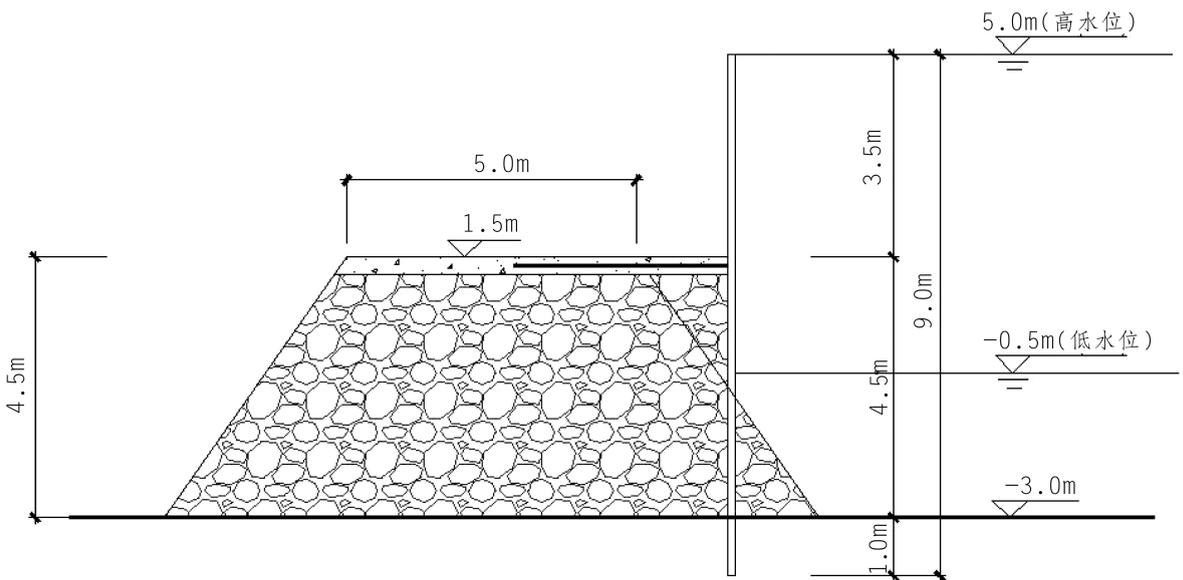


图1 围堰断面图

4.2 钢板桩的选型

因该地区没有明显的旱季且其降雨量不均匀

系数较大,进而增加了取水口被淹的可能性,故钢板桩围堰施工应考虑堰顶过水和不过水两种情

况。同时,钢板桩围堰受土石围堰主动土压力及水压力影响,故钢板桩的选型对整个围堰的自稳性起到了非常关键的作用。

4.2.1 低水位工况

土石围堰堰顶施工机具自重荷载产生的侧压力对整个围堰的稳定性起到重要的作用,此围堰以最重的施工机具(打桩机)为计算依据,其最低水位为 -0.5 m 。根据钢板桩施工期的工况,钢板桩内外均有水,据此进行了以下分析与计算:

$$\text{主动土压力系数 } K_a = \tan^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2}) = 0.33$$

式中 φ 为土的内摩擦角。根据土的特性 φ 取 30° 。

因钢板桩围堰内外均有水,故其内外水压力相互抵消。通过查阅打桩机荷载参数得知:打桩机履带着地荷载 $P = 63\text{ kPa}$;根据朗肯主动土压力计算公式,其支护墙顶端侧向压力 q_1 为:

$$q_1 = K_a \times P = 0.33 \times 63 = 20.79(\text{kPa})$$

式中 P 为打桩机履带荷载。

支护墙底端侧向压力 $q_2 = q_1 + K_a \times r_1 \times 2 + K_a \times r_2 \times 2.5 = 40.92(\text{kPa})$,其中 r_1 为土的天然容重; r_2 为土的浮容重。

根据支护板的受力情况,采用有限元分析软件对该支护板进行了受力分析,得出该板最大竖向弯矩发生在底部的结论,其值为 $116\text{ kN} \cdot \text{m}$ 。

4.2.2 高洪水位工况

考虑洪水淹没至钢板桩顶部高程的工况:

$$\text{被动土压力系数 } K_p = \tan^2(45^\circ + \frac{\varphi}{2}) = 3$$

根据土的特性 φ 取 30° 。

$$\text{迎水面侧水压力 } q_{1,\max} = r_{\text{水}} \times H_1 = 10 \times 8 = 80(\text{kPa})$$

$$\text{背水面被动土压力 } q_{2,\max} = K_a \times r_{\pm} \times H_2 = 3 \times 18 \times 4.5 = 243(\text{kPa})$$

式中 H_1 为迎水面高水位至河床的高度; H_2 为土石围堰的高度。由于被动土压力大于水压力,能够形成有效支撑,故可以将围堰顶作为支撑。

钢板桩在围堰顶承受的压力 $q_{3,\max} = r_{\text{水}} \times (H_1 - H_2) = 10 \times (8 - 4.5) = 35(\text{kPa})$ 。

根据支护板的受力情况,采用有限元分析软件对该支护板进行了受力分析,得出该板最大竖向弯矩发生在底部的结论,其值为 $73.5\text{ kN} \cdot \text{m}$ 。

综上所述,对比低水位工况和高水位工况并考虑最不利工况,最终决定采用最大弯矩为 $116\text{ kN} \cdot \text{m}$ 作为钢板桩选型的依据。

经查阅拉森钢板桩参数表,假定采用 SP-III 型钢板桩,以每 m 宽进行验算,得到:

拉森钢板桩容许弯曲应力 $[\sigma] = 210\text{ MPa}$ 。

根据弯曲正应力公式得知: $\sigma = M_y / I = M / W = 116 \times 10^6 / 1340 \times 10^3 = 86.56(\text{MPa}) < 210\text{ MPa}$ 。

式中 M 为弯矩; y 为截面形心到受力点的距离; I 为截面惯性矩; W 为截面模量。

故采用 SP-III 型钢板桩能够满足设计要求。

4.3 插桩设备的选择

根据该工程 2017 年地勘报告《Rewa River Water Supply Scheme Water Authority of Fiji, Viti Levu, Fiji Factual Geotechnical Report》,其勘探孔位布置情况见图 2。



图 2 勘探孔位布置图

根据地勘报告,岩石单轴抗压强度参数为:标高在 -3 m 且钻孔深度为 15.5 m 时,勘探孔 BH AD2 的单轴抗压强度为 6.2 MPa ;钻孔深度为 11 m 左右时,其单轴抗压强度为 2.9 MPa 。

根据 2015 年地勘报告《Rewa River Water Supply Scheme Water Authority of FIJI, VITI Levu, Fiji Geotechnical Investigation Factual Report》,标高在 -3 m 左右时,钻孔深度为 10 m ,勘探孔 BH41 的单轴抗压强度为 1.1 MPa ;钻孔深度为 15 m 左右时,其单轴抗压强度为 1.9 MPa 。故插桩设备最终选用携带 SV35 振动锤的反铲挖掘机用于插入钢板桩。

5 土石围堰

5.1 土石围堰的施工

土石围堰选用较好质量的开挖料作为料源采

用进占法进行围堰填筑,15 t自卸汽车运输填料至现场卸料,推土机及时跟进推料整平,20 t振动碾分层碾压。围堰边坡采用人工配合反铲挖掘机的方式码砌生态袋以抵抗冲刷。围堰形成的基坑应根据基坑内的水量及降雨强度计算出初始阶段的排水强度。必须考虑配置足够的水泵及备用水泵用于基坑排水;同时,为满足斐济政府关于防止河流污染等方面的要求,对基坑内结构物的周边设置排水沟渠并设置三级沉淀池对基坑内的渗水或降雨经沉淀后外排。

5.2 土石围堰的拆除

(1)取水口构筑物全部施工完成后,可以考虑将围堰拆除。首先将水抽至基坑内,使钢板桩围堰内外的水位一致;(2)钢板桩的拆除应根据实际情况从上到下拆卸支架和回路檩条;最后,使用一台带振动锤的反铲挖掘机、用振动锤对板桩锁进行振动,将钢板桩从下游到上游依次振动拉出,再使用10 t平板卡车将钢板桩运到仓库储存;(3)钢板桩拆除后进行土石围堰的挖除工作,使用ZX200反铲挖掘机进行开挖,15 t自卸汽车运渣至弃渣场。开挖时,应注意围堰必须清理干净并小心保护取水口建筑物不被损坏。

5.3 钢板桩的施工

(1)土石围堰施工完成后开始施工钢板桩防渗围堰:先施工定位桩,将桩插入河床,采用反铲挖掘机配振动锤作为打桩设备;(2)将导向架檩条由人工结合机械安装固定在定位桩上;(3)使用带SV35振动锤的反铲挖掘机插入钢板桩。打桩时,在钢板桩锁内涂上特殊的润滑和防水油脂以便于钢板桩的插入和拔出,满足防渗要求。钢板桩的打桩应从上游到下游单向进行;(4)钢板桩打桩完成后,沿钢板桩自上而下安装围檩和支撑。

钢板桩打设过程中遇到的问题及采用的处置措施:(1)打桩过程中阻力过大,不易贯入。其主要原因:①在坚固的砂砾层中打桩时桩的阻力过大;②钢板桩的连接锁口锈蚀、变形,导致钢板桩不能顺利沿锁口下滑。对于第一种原因,需要在打桩前对地质情况进行分析,充分研究贯入的可能性,其可以采用振动法沉桩,而不宜采用直打。对于第二种原因,应在打桩前对桩进行检查,发现有锈蚀或变形的情况时应及时进行调整或更换,同时,可在锁口位置涂抹油脂等以减少打桩阻力;

(2)对于桩的倾斜现象,在施打钢板桩时,由于连接锁口处的阻力大于钢板桩周围的阻力而导致板桩行进方向形成不平衡力、钢板桩底部向阻力小的方向位移。所采取的措施是:发现倾斜时应尽早调整,可将钢板桩向上拉1~2 m,再往下锤进,如此上下往复振拔数次即可。如果倾斜过大、仅靠上述方式不能纠正时,可以使用楔形板桩以达到纠偏的目的;(3)对于在基础较软处有时会发生施工时将邻桩带入的现象,所采用的处理措施是:将相邻的数根板桩焊接在一起,并且在施打板桩的锁口处涂抹润滑剂以减少阻力。

6 结语

以斐济瑞瓦河供水工程取水口钢板桩围堰施工为例对其施工技术进行了分析研究。钢板桩围堰适用于各种水上施工及基坑开挖支护工程,具有施工便捷、强度高、防水性能好、稳定性好、可多次重复使用、经济适用性高等优点。因此,应根据实际情况合理使用钢板桩围堰,其对于整个基础工程施工具有举足轻重的作用。鉴于取水口围堰需在瑞瓦河内施工,而斐济政府对环境保护的要求又高,尤其对于河流、小溪等地段严禁向流域内外排放污染物等。考虑到这些因素,项目部在围堰外围设置了一道污泥拦污屏以减少污染物的大面积排放;同时,建造了三级沉淀池,对基坑内的积水及雨水进行收集并经沉淀后排放,以尽量减少其对河流的环境染污,满足业主及斐济政府对环境保护的要求。以上措施的实施,将项目的成本和履约风险控制在合理的范围内,进而保证了项目顺利履约。

参考文献:

- [1] 孙杰.拉森钢板桩在光明港大桥深基坑施工中的应用[J].市政技术,2010,28(3):70-72.
- [2] 程涛.钢板桩围堰在水中承台施工中的应用[J].四川水利,2011,32(3):73-74.
- [3] 王希勇.钢板桩围堰在秦淮河特大桥深水基础中的应用[J].安徽建筑,2009,16(3):102-104.
- [4] 张永明.山区桥梁施工钢板桩围堰技术探讨[J].山西建筑,2018,44(35):171-172.
- [5] 雷婷.桥墩基础局部冲刷计算方法的对比研究[J].河泥研究,2020,45(5):61-68.

作者简介:

杨晓永(1983-),男,河北石家庄人,工程师,从事工程建设施工技术与管理工作的

高 强(1985-),男,重庆长寿人,高级工程师,学士,从事工程建设施工技术与管理工作的

(责任编辑:李燕辉)