

探究堤防工程施工技术在水利工程建设中的应用

吴静平

庆元县水利局，浙江丽水，323800；

摘要：堤防工程作为重要的水利基础设施，具有防护洪水灾害、提升工程结构稳定性、维护区域生态平衡等方面的重要作用。文章采用案例研究法以某水利工程建设为例，围绕堤防和护岸施工的重要技术节点展开论述，采用混凝土防渗墙+生态联锁块护岸的方式组织堤防工程施工，研究结果表明，堤防工程施工技术对于增强水利工程结构稳定性、防渗性能和整体质量有着重要的保障作用。

关键词：水利工程；河道堤防；施工技术；质量控制

DOI：10.69979/3060-8767.26.01.064

引言

水利工程作为我国重要的基础民生工程，在促进区域经济发展、保障防洪减灾以及社会安定方面发挥着重要功能。堤防工程施工是水利工程建设的一个重要环节，结合工程建设的整体情况与实际要求，探究堤防工程施工技术在水利工程建设中的应用方法与技术看案，推进工程全方位建设，为水利工程的高质量建设提供支撑。注重各类分散技术要素的优化统整，有序制定堤防工程施工技术方案，构建行之有效的施工模式，对于促进水利工程可持续发展有着重要的积极影响。

1 项目概况

某堤防工程是区域重大节水供水工程、流域治理工程的重要组成部分，项目所处区域的河道流速较为平稳，平均水位高程为 0.8m，河道涨退潮期间的水位高低落

差不明显。堤防工程全长 12.3km，按照 1 级等级组织施工方案；施工区域气候为温带季风性气候，具有降水集中、降水量较大的情况，尤其是工程部分，堤防存在些微渗漏、结构隐患、护岸损坏等问题，极大提升了工程渗漏风险。项目局部堤岸部分，主要为鱼塘和浅滩临时堆砌成的土堆，防洪效果较差，缺乏专门的堤防用以防水防洪，不仅无法满足护岸的要求，也影响了工程的日常运转。经过工程前期勘察可以发现，工程坝体填筑材料主要是碎石填土和粉质粘土素填土，淤泥质粘性土下为软地基土，现场场地基本填平，地形较为平坦。

2 堤防软土地基处理

工程区域存在一定的软土地基，为了避免堤防填筑后出现大规模不均匀沉降，在施工前对堤防软土地基进行处理，工程地基土的物理性质见表 1。

表 1 地基土的物理性质指标

| 岩性名称 | 天然含水量 w/% | 层厚/m | 孔隙比 e | 容重 γ / (g/cm ³) | 渗透系数 k/ (cm/s) |
|------|-----------|------|-------|------------------------------------|-----------------------|
| 轻亚黏土 | 26.07 | 2.51 | 0.893 | 1.93 | 7.85×10^{-3} |
| 淤泥 | 37.52 | 1.85 | 1.199 | 1.95 | 1.56×10^{-3} |
| 淤泥质 | 28.36 | 1.85 | 1.199 | 1.95 | 1.56×10^{-3} |
| 亚黏土 | 28.96 | 3.12 | 0.862 | 1.98 | 2.13×10^{-3} |
| 黏土 | 22.33 | 6.00 | 0.844 | 1.70 | 1.87×10^{-3} |

针对工程实际情况、地质条件，选择真空堆载联合预压法加固软土地基，使用堆载荷载搭配政工压力的方式对地基进行固结，能有效提高地基的承载力和稳定性。针对实际工程的施工要求在堤防区域铺设 50cm 厚的砂垫层。真空施工的重点在于控制地基内部水分，选用原生料 SPB-B 型塑料排水板，以三角形布局搭设排水板，地基布局工期维持时间为 10d。真空作业开展到结束的

过程中需要将地层真空度稳定维持在 80kPa 左右，有效抽真空时间不小于 100d。施工结束后的预计填土高度应在 7.5m~8.5m 区间，抽真空后铺设一层土工布，施工流程应根据设备设置情况和调试情况合理推进。工程软土地基部分的沉降变形直接影响工程的最终建设质量，为了提升工程安全性和堤防稳定性，计算地基沉降变形趋势，要求实测沉降值与理论计算值的变化趋势基本一

致,同时分析真空堆在联合预压过程中实际沉降值和理论计算值产生差异的原因,分析土层物理特性和力学特性,掌握施工过程排水、地层干扰和不均匀加载等因素,增强堤防软土地基处理的处理效果^[1]。

3 堤防工程施工技术在水利工程建设中的实际应用

3.1 堤防及护岸的选型设计

本工程作为重大节水供水工程、流域治理工程的关键环节,所处环境条件较为特殊,为了满足工程堤防施工技术要求,增强工程整体防渗水平,采用混凝土防渗墙作为堤防工程的主要技术手段,混凝土等级为 C30,设计总长为 60m,阶段性施工,能够满足工程坝体抗渗、防洪等方面的需求。堤防护岸需要具有一定的生态性和环保性,结合本工程现场作业条件,按照就地取材、生态治理的原则,选用 C20F100 型 YS 生态联锁砌块作为护岸主体结构,具体见图 1,护岸垫层选择厚混合砂垫层,在软土地基处理完毕后进行铺设。生态联锁砌块的使用具有较强的稳定效果,能够在满足工程水流护岸需求的基础上,搭设出具有稳定效果的透水性坡面保护层,避免流域内水土流失,也能提高工程防洪排涝的能力,搭配使用绿化建设改善堤防绿化水平。



图 1 生态联锁砖护岸

3.2 混凝土防渗墙

(1) 导墙施工和钻孔成槽。按工程防渗墙轴线布置导墙,要求两侧导墙与防渗墙保持平行,平准度要求为 15mm 以内、两侧导墙顶面高程偏差在 20mm 以内。导墙施工的过程中重点关注基底填筑材料的选择和填充,要求导墙净间距是防渗墙厚度 1.5 倍左右,单侧导墙大于防渗墙厚度 150mm,并对两侧导墙的竖向位移和水平位移进行全过程监测,避免出现过大的施工偏差。本工程地层组成复杂,除了软土地基外,也有部分碎石含量高、地层硬度较大的区域。针对这部分区域在施工前选用冲击钻成槽工艺和液压抓斗组织成槽实验,实验发现冲击钻成槽工艺的适配度更高,能够较为紧密地压实槽壁,适应复杂的地层条件。防渗墙操控遵循“先主孔钻进,后钻副孔成槽”的流程原则。平行钻的成槽施工首先使用冲击钻将主孔钻至 6m 左右的深度,随后组织副孔钻进作业,主孔长度为 1m,副孔长度为 2m,钻进时导墙平衡跟进,副孔的钻进速度要略快于导墙跟进速度^[2]。根据工程施工条件和各类成槽条件,确定如下钻孔成槽技术要求:①孔内泥浆必须始终保持在导墙槽面 0.3m 以下;②导墙槽壁平行垂直,空斜率保持在 0.4% 区间内;③主孔和副孔的成孔作业需要保持全过程的质量跟进,确保成孔中心线和导墙施工中心线重合,偏差控制在 3cm;④严格遵循先主孔、后副孔的钻进顺序;⑤两套槽孔钻进过程中需要保障孔位中心线深度偏差值在设计墙厚的 1/3 以内。

(2) 固壁泥浆。堤防加固的过程中,需要确保防渗墙成槽与地层的紧密衔接,本工程地层内存在的各类细颗粒物是保障工程稳定施工的重难点。钻孔成槽作业完成后,为了提升孔道稳定性,使用膨润土浆液进行孔道固壁处理。此过程中科学配置固壁泥浆的材料,要求能够满足孔道固结、浇筑稳定方面的需求,合理添加羧甲基纤维素等外加剂保障浆液稳定以及黏稠度,浆液各项指标情况见表 2。

表 2 膨润土浆液性能

| 项目 | 单位 | 各阶段性能指标 | | 试验仪器 |
|------|-------------------|---------|-------|-------|
| | | 新制 | 供重复使用 | |
| 密度 | g/cm ³ | <1.10 | <1.15 | 泥浆比重秤 |
| 漏斗黏度 | s | 32~50 | 32~60 | 马氏漏斗 |

工程粘土粘粒含量较低,采用粘土回填槽段的过程中使用羧甲基纤维素外加剂提高固壁浆液的粘稠性,使用工业碳酸钠作为浆液分散剂,有效提升固壁浆液的性能起到加固槽壁的作用。

(3) 成孔验收和清孔。钻孔作业结束后对孔道进行验收,验收重点为孔道的各类数据与标准数据偏差:孔深检测方法为探底法,将钻头放入孔底冲击并达到孔道底部位置后,计算钢丝绳和钻具总长,清孔完后再

次测量即可验证孔道深度^[3]。孔斜测量为“重锤法”，将钻头放置在不同的孔内深度，重力作用下吊装细绳紧即可得到孔口钢丝的偏距，具体计算见下式：

$$B = \frac{A}{h} (H + h)$$

$$a = \frac{B}{H} \cdot 100\%$$

式中：B 表示为孔底偏距；H 表示为单个成孔孔深；a 表示为孔斜率；h 表示为钻机杆高度；A 表示为测量得到的孔口偏距。

成孔验收完毕后使用“气举反循环”法清孔，清孔顺序为先浅后深，避免重复清孔的情况出现。根据本工程现有设备和施工条件，清孔作业选择的设备包括进风管、排渣管、空压机、混合器等设备，尤其需要注重空压机这一关键设备的排放量和风压参数设置，确保孔道的有效清理。在正式清孔前，使用 CMC 兑水装入密封塑料袋，下沉至孔底与孔底沉淀物混合，能够有效离散孔底混合物，加强孔底的清孔效果。

(4) 墙体混凝土浇筑。根据施工方案，选用导管法组织浇筑施工，能有效避免水下浇筑可能存在的离析问题。导管选用无缝钢管和法兰连接方式，成槽并探测合格后，将导管绑扎至钢筋笼两侧，缓慢下放至成孔槽体内。钢筋笼安装就位后使用法兰连接管路泵送混凝土。混凝土泵送过程中需要加强泵送压力、泵送速度的控制，原则上需要确保泵送浇筑的持续，如无特殊情况不能间断泵送。导管埋深控制在 3~5m 区间，随混凝土面上升逐步上升，混凝土埋深需要控制在 2m 以内，避免拌合物溅落或泥浆混入。初期泵送需要控制压力和后续的泵送速度，直至导管内装满混凝土后缓慢增加压力。混凝土泵送浇筑至设计高程后拔出导管进行多次振捣，直至混凝土密实无明显空隙。新浇筑墙体和相邻混凝土面之间的交接处理尤为重要，这一节点的浇筑效果直接关系到后续工程的使用效果。新墙体开槽前使用高压水枪冲

击墙体混凝土迎头面，将墙体表面的浮渣和松散杂物冲洗干净，安设钢筋网并二次振捣，使新老混凝土的衔接更加密实，紧密。

(5) 防渗墙施工质量检测。防渗墙施工整体结束后验证墙体质量，质量检测按照施工前检测一次，施工结束后检测一次的频率渐次开展。本工程使用钻取芯样的方法检测墙体质量，施工过程预留多组试件，检测试件的各项质量参数和性能参数，确保防渗墙结构性能满足需求，按照标准养护的方式预留试件，按照 7d 一次、28d 一次的流程测试混凝土强度，对不满足强度标准的区域进行整改或重新浇筑。堤防防渗墙施工后 30d 左右，按照墙体轴线每 30m 的标准间距钻取芯样，每个芯样的直径保持在 110mm 以上，测量试件的整体性能、外观质量和密实度，避免钻孔漏水^[4]。防渗墙质量检测合格后，使用水泥浆液旋喷充填钻孔，避免留下渗漏通道。

3.3 生态联锁砖护岸

生态连锁砌块不仅具有堤防护岸的重要作用，在提升工程堤防环保性、生态性方面也有着重要作用。工程选用孔隙率在 15% 以上、规格为 400mm *350mm*150mm 的联锁砌块，要求混凝土品种以及用量满足工程水生植物、微生物环境所需，混凝土强度等级为 C20。砌块的制作选择预制形式，在砌块进场前组织统一的质量检测，要求同一批的试块大小适中、外形均一，满足工程两侧保护土与空气的湿热交换需求。基底开挖后预留 8cm 左右的厚土层，小区域采用人工夯实的方式，要求土质基底压实度保持在 90% 以上，压实系数为 0.9。土层压实度满足工程需求后继续加设无纺布，能够稳定砌块位置，避免砌块产生过大的位置偏移。在砌筑前根据方案核实砌筑方向，要求砌块能够按照工程垂直水流方向互锁铺设，保障整个堤防护岸的结构和外观构造稳定。联锁砌筑至英语社高程后，使用 M10 砂浆找平砌块顶部位置，砌块的质量检测方法标准见表 3。

表 3 联锁砖质量检查方法和标准

| 序号 | 检查项目 | 规定值或允许偏差 | 检查方法和次数 |
|----|------------|----------|------------------|
| 1 | 竖直度或坡度 | 0~5% | 每 20m 吊垂线检查 3 处 |
| 2 | 底面高程 (mm) | ±15 | 每 20m 用水准仪测 3 点 |
| 3 | 平面位置 (mm) | 50 | 每 20m 用经纬仪检查 3 点 |
| 4 | 表面平整度 (mm) | 15 | 每 20m 用直尺检查 3 点 |
| 5 | 断面尺寸 (mm) | 不小于图纸标准 | 每 20m 检查 2 处 |
| 6 | 顶面高程 (mm) | ±15 | 每 20m 用水准仪测 3 点 |

在生态连锁砖护岸组织施工前,综合考虑工程地质条件、水流情况以及技术要求,制定堤防加固方案,按照方案内容渐次推进施工。使用密植技术对堤防进行补强,能避免水土流失,提升水土保持效果,有效增强土体的稳定性。本工程选用的加固植物为草本植物和木本植物,河床底部选择沉水植物、边坡处选择挺水植物,合理分布植物的布置区域,能有效加强不同区域的土体固结效果,保持现有植被和自然植物群落保护水岸,进一步增强堤防护岸成效。优化控制防冲体护脚施工工序,搭配使用沉排护脚技术,实现施工的过程监测,及时纠正并处理不当操作行为,要求工程的整体性能契合工程护脚结构的方案内容。沉排护脚施工作业的过程中,紧密贴合现场施工环境和施工条件,采用专业检测工具检测试块,对部分不符合参数要求的试块及时整改,优化施工工序,确保作业流程的紧密衔接^[5]。通过这种方式有效增强结构载荷能力消除松动隐患,使堤防施工与砌块结构有机融合。

4 结束语

综上所述,堤防工程施工技术作为水利工程的重要组成部分,在控制水流量、提升工程防渗抗洪效果方面有着重要功能,是决定水利工程整体建设质量的关键一环。在水利工程建设期间,可以从堤防和护岸两部分组

织施工,明确关键技术。文中针对具体工程案例,选择混凝土防渗墙搭配生态连锁砖护岸的方式进行堤防工程施工,能够有效发挥堤防工程与护岸施工的有效衔接,充分发挥水岸之间水分交换、物质循环的特性。增强堤防工程施工技术能力,制定行之有效的技术方案,为水利工程高质量建设奠定坚实基础。

参考文献

- [1]姚金锁.天水市渭河流域生态治理工程施工条件及堤防工程设计探讨[J].水上安全,2024,(02):103-105.
- [2]宋道春.水利工程技术在软土区域土堤防提标建设施工中的应用[J].水上安全,2024,(09):148-150.
- [3]王奇锋.水利工程建设中的堤防护岸施工分析——以张家川县后川河中小河流治理工程为例[J].水上安全,2023,(11):180-182.
- [4]孔华豪,成茜.堤路结合在城市建设工程中的应用研究——以广州市仙村园区西福河堤防为例[J].中国水运,2025,(20):126-127+130.
- [5]李淑珍.基于生态景观理念的河道治理与城市防洪工程设计——以额敏县城市防洪景观工程为例[J].水利水电技术,2019,50(S2):133-137.