

常州市运河堤防挡土墙设计及施工方法

朱茂明¹ 谢水根² 谢红伟³

1. 南京市水利规划设计院股份有限公司常州分院, 中国·江苏 常州 213016

2. 常州市新北区奔牛镇农村工作办公室, 中国·江苏 常州 213131

3. 常州市武进区水利局, 中国·江苏 常州 213100

摘 要: 常州市运河堤防存在很大的防汛压力, 水位高, 土质松软, 存在的支护失效、道路沉降及管道位移难题, 论文研究提出一种新型挡土墙结构施工方法。通过分层分段开挖(坡比 1 : 1.5)、梅花形布设 9m 长松木桩(尾径 100mm)穿越软弱土层, 结合级配碎石褥垫层(200mm 厚, 压实度 0.9)与 C15 混凝土垫层(300mm 厚)形成复合地基。创新采用静力桩锤“先四周后中间”沉桩工艺, 配合标准化模板体系(主次楞钢管+止水螺杆)实现毛石混凝土挡土墙精准浇筑。设置梅花形泄水孔($\phi 110\text{mm}$ PVC 管外包渗水土布, 横向间距 2.5m)与伸缩缝(沥青砂浆填充), 同步实施墙背分层回填(内摩擦角 $\geq 35\text{kPa}$, 压实度 $\geq 95\%$)及小型机械压实。实践表明, 该方法通过截排水系统(基坑水位降深 1m)与复合地基协同作用, 地基承载力提升至 100kPa 以上, 有效抑制挡土墙沉降变形, 管道位移量减少 90%, 施工周期缩短 40%, 为滨水软弱土层道路工程提供可靠支护解决方案。

关键词: 运河堤防挡土墙; 设计; 施工方法

Design and Construction Methods of Retaining Wall for the Canal Embankment in Changzhou City

Maoming Zhu¹ Shuigen Xie² Hongwei Xie³

1. Nanjing Water Conservancy Planning and Design Institute Co., Ltd. Changzhou Branch, Changzhou, Jiangsu, 213016, China

2. Rural Work Office of Benniu Town, Xinbei District, Changzhou City, Changzhou, Jiangsu, 213131, China

3. Wujin District Water Resources Bureau, Changzhou City, Changzhou, Jiangsu, 213100, China

Abstract: The canal embankment in Changzhou City has great flood control pressure, high water level, soft soil, support failure, road settlement and pipeline displacement problems. This paper studies and proposes a new construction method of retaining wall structure. The composite foundation was formed by excavation in different layers (slope ratio 1:1.5), laying 9m long pine piles (tail diameter 100mm) in a plum shape through the weak soil layer, combining the graded gravel mat (200mm thick, compaction degree 0.9) and C15 concrete mat (300mm thick). The innovative use of static pile hammer “first around the middle” pile sinking process, with standardized formwork system (primary and secondary steel pipe + water stop screw) to achieve accurate pouring of rubble concrete retaining wall. Set a plumby-shaped water drain hole ($\phi 110\text{mm}$ PVC pipe with seepage soil cloth, horizontal spacing 2.5m) and expansion joint (asphalt mortar filling), and implement hierarchical backfilling on the back of the wall simultaneously (internal friction Angle $\geq 35\text{kPa}$, compaction degree $\geq 95\%$) and small mechanical compaction. Practice shows that through the synergistic effect of the intercepting drainage system (foundation pit water level down 1m) and composite foundation, the bearing capacity of the foundation is increased to more than 100kPa, which effectively inhibits the settlement and deformation of the retaining wall, reduces the displacement of the pipeline by 90%, shortens the construction period by 40%, and provides a reliable support solution for the road engineering of waterfront soft soil layer.

Keywords: canal embankment retaining wall; design; construction method

0 前言

在部分农村道路段紧邻池塘, 土质均为填土、粉质粘土、淤泥, 在该软弱土层施工的同时, 鱼塘水位高, 采用挡水板、钢板桩支护无法止水, 存在带水作业情况等等, 施工难度大, 安全风险高, 易造成占用道路时间过长、污染鱼塘, 并且该段紧邻鱼塘一侧道路易沉降破坏, 施工完成后管道容易产生位移等问题。

1 技术方案

一种可有效截排水、防止管道移位, 具有施工效率高的紧邻池塘高水位软土地质的挡土墙结构施工方法。

为解决上述技术问题, 采用如下技术方案:

一种紧邻池塘高水位软土地质的挡土墙结构施工方法, 包括以下步骤:

S10: 地基施工: 对基坑抽水导排, 放样定出地基处理

边线，对开挖区域分层分段开挖，于基坑打设松木桩，于松木桩顶铺设褥垫层，并于褥垫层浇注混凝土垫层。

S20：挡土墙浇注：挡土墙模板安装并封模密封，于挡土墙模板浇注混凝土。

S30：挡土墙墙背回填：挡土墙墙背回填填料并压实，进而检测压实度。

优选的，S10 具体包括以下步骤：

S110：于基坑制作排水沟集水并通过抽水泵将水导排至现状河沟。

S120：对开挖区域按照坡比 1 : 1.5 分层分段开挖。

S130：对 S120 开挖形成的基坑验槽并合格后，以梅花形间距进行拉线放样确定松木桩的铺设位置，进而采用静力桩锤先打四周后打中间的方式，施打松木桩于基坑。

S140：于 S130 中的松木桩顶铺 200mm 粒径不大于 30mm，且铺装宽度大于挡墙基座两侧各 300mm 的级配碎石作为褥垫层，并进行分层夯实。

S150：于褥垫层上浇注 300mm 厚 C15 素混凝土作为垫层^[1]。

2 附图说明

挡土墙的示意图见图 1，地基处理平面图见图 2，地基处理剖面图见图 3，伸缩缝的示意图见图 4，聚氯乙烯管包裹渗水土布示意图见图 5，泄水孔的示意图见图 6。

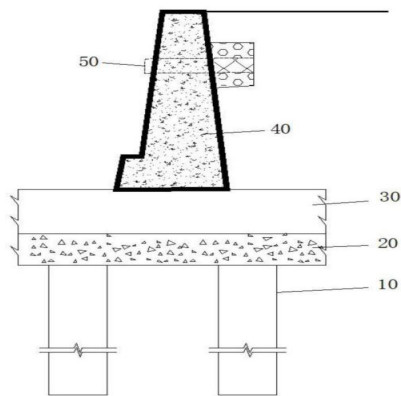


图 1 挡土墙的示意图

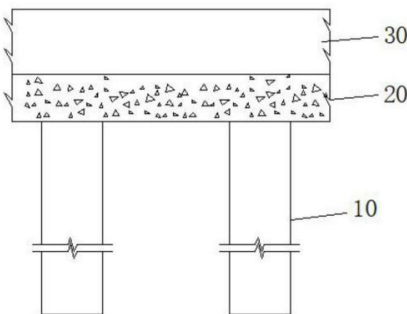


图 2 地基处理平面图

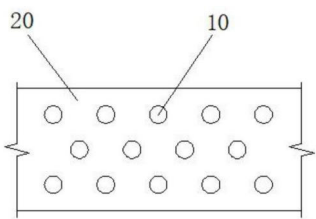


图 3 地基处理剖面图

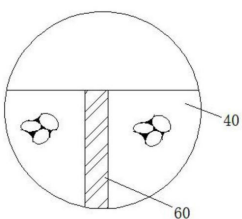


图 4 伸缩缝的示意图

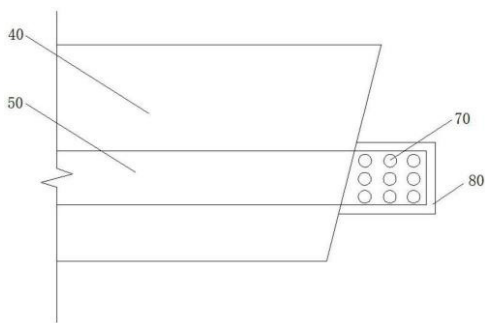


图 5 聚氯乙烯管包裹渗水土布示意图

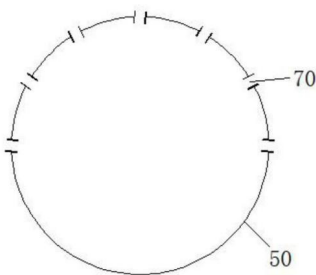


图 6 泄水孔的示意图

图中：10—松木桩；20—褥垫层；30—混凝土垫层；40—挡土墙；50—聚氯乙烯管；6—伸缩缝；70—泄水孔；80—渗水土布。

3 具体实施方式

参照图 1、图 2、图 3，一种紧邻池塘高水位软土地质的挡土墙结构施工方法，包括以下步骤：

S10：地基施工：对基坑抽水导排，放样定出地基处理边线，对开挖区域分层分段开挖，于基坑打设松木桩，于松木桩顶铺设褥垫层，并于褥垫层浇注混凝土垫层。

具体地，施工前，先将池塘水导排出去，导排至标高符合施工作业面，本项目取低于基坑顶面 1m，并制作排水沟集水并进行排水，排水设施准备完成后，放样定出地基处理边线，算出开挖区域，完成基坑验槽并合格后，于基坑搭设松木桩 10，完整松木桩的打设后，在松木桩顶铺设褥垫层 20，试验验证合格后，在褥垫层上部浇注混凝土垫层 30。

S20：挡土墙浇注：挡土墙模板安装并封模密封，于挡土墙模板浇注混凝土。

具体地，在挡土墙 40 制作时，需安装挡土墙模板，并在封模前对内部杂物进行清理，清理完成后于挡土墙模板浇

注混凝土。

S30: 挡土墙墙背回填: 挡土墙墙背回填填料并压实, 进而检测压实度。

具体地, 挡土墙的墙体达到设计强度的 75% 以上时, 则进行墙后填料施工, 为防止破坏, 墙后 1.0m 范围内则采用小型压实机械碾压, 并在压实后进行压实度检测, 设计要求压实度不少于 95%。

优选的技术方案, S10 具体包括以下步骤:

S110: 于基坑制作排水沟集水并通过抽水泵将水导排至现状河沟。

具体地, 在距离基坑边 1m 支座排水沟集水并通过抽水泵将池塘水导排至现状河沟。

S120: 对开挖区域按照坡比 1 : 1.5 分层分段开挖。

具体地, 在对开挖区域进行开挖时, 按照坡比 1 : 1.5 分层分段开挖。

S130: 对 S120 开挖形成的基坑验槽并合格后, 以梅花形间距进行拉线放样确定松木桩的铺设位置, 进而采用静力桩锤先打四周后打中间的方式, 施打松木桩于基坑。

具体地, 对基坑完成验槽并合格后, 按照梅花形间距 450mm 进行拉线放样以确定松木桩的铺设位置, 并进行标记, 进一步的, 松木桩采用静力桩锤先打四周后打中间的方式, 施打松木桩于基坑内的非淤泥质土不小于 3m。需要说明的是, 使用到的松木桩长为 9m, 尾径为 100mm。

S140: 于 S130 中的松木桩顶铺 200mm 粒径不大于 30mm, 且铺装宽度大于挡墙基座两侧各 300mm 的级配碎石作为褥垫层, 并进行分层夯实。

具体地, 在完成松木桩的打设后, 在松木桩顶铺 200mm 粒径不小于 30mm、铺装宽度大于挡墙基座两侧各 300mm 的级配碎石作为垫层, 并进行分层夯实、夯填度 (压实后厚度与虚铺厚度之比) 不高于 0.9。压实后, 对地基承载力检测, 要求地基承载力不低于 100kPa。

S150: 于褥垫层上浇注 300mm 厚 C15 素混凝土作为垫层。

具体地, 前述 S140 试验检测合格后, 在褥垫层上部浇注 300mm 厚 C15 素混凝土作为垫层。

优选的技术方案, 挡土墙为毛石混凝土挡土墙, 因此在模板安装时不需要考虑挡土墙钢筋安装影响情况, 模板采用复合木模板, 主楞、次楞、支撑均采用标准化、系列化、通用化的构件拼装, 做到之后才能模板体系接头尽量减少, 挡土墙模板包括通过止水螺杆固定于模板主体的侧模, 在安装墙身侧模时为防止移位和凸出, 在侧模设置止水螺杆固定, S20 包括以下步骤:

S210: 于侧模外侧每 50cm 及模板拼缝处立 10×10cm 木方作为次楞固定侧模。

具体地, 次楞是设置在侧模外侧, 且具体是沿侧模外侧每隔 50cm 设置, 以及沿模板拼缝处立木方, 该木方作为次

楞起到固定侧模的作用, 且该木方的规格为 10cm×10cm。

S220: 于次楞外部自墙底向上 20cm、100cm 以及 180cm 处分别设 2 根 $\phi 48 \times 3.0\text{mm}$ 钢管作为主楞, 且钢管与止水螺杆通过蝴蝶扣固定。

具体地, 主楞是沿次楞外部自墙底向上 20cm、100cm 以及 180cm 处分别设置的两根钢管, 且该钢管的规格为 $\phi 48 \times 3.0\text{mm}$, 并与止水螺杆采用蝴蝶扣固定。

S230: 于次楞外部横向间隔 2.5m 设置 $\phi 48 \times 3.0\text{mm}$ 钢管进行支撑固定。

具体地, 挡水墙模板的支撑是设置在次楞外部, 且以横向间隔 2.5m 设置的钢管, 该钢管的规格同样为 $\phi 48 \times 3.0\text{mm}$, 主要起到防倾覆作用。

S240: 模板封模前对内部杂物进行清理, 并进行平面位置检查、顶部标高检查、节点联结检查、纵向检测以及横向检查, 待检查完全合格后对模板封模进行密封。

具体地, 待挡水墙模板安装完成后, 在封模前应对内部杂物进行清理, 并进行平面位置检查、顶部标高检查、节点联结检查、纵向检查、横向检查等方面的检查, 待检查完全合格后对模板封模进行密封, 施工过程中发现模板出现移位、变形等情况时, 要及时对模板进行校正。

S250: 混凝土单向巡回分层浇筑, 每层厚度不大于 50cm, 并通过插入式振动棒振捣, 且以不大于 1.5 倍振动棒作用半径的距离活动, 同时配合振动棒上下移动。

具体地, 混凝土浇筑前对模板支撑体系进行检查验收并做好文字记录、验收等, 并对模板内部进行冲水湿润, 采用泵送混凝土浇筑, 在不发生离析的情况下, 其自由高度不应超过 2m, 混凝土出厂和现场需进行两次坍落度测试, 合格方能使用, 浇筑过程不得随意向混凝土运输车加水来调整混凝土的坍落度及流动性。混凝土分层浇筑, 每层厚度不大于 50cm, 采用单向巡回浇筑, 且在浇筑时采用插入式振动棒振捣, 以不大于 1.5 倍振动棒作用半径的距离活动, 同时配合振动棒上下移动, 振动棒与侧模保持 50~100mm 的距离, 插入下层混凝土 50~100mm, 每一处振动完成后, 边振动边缓慢地提出, 对每一振动部分必须振动到该部分混凝土停止下沉, 不再冒气泡, 表面呈现平坦状和泛浆状。

参照图 5、图 6, 作为优选的技术方案, S20 还包括于挡土墙墙身设置泄水孔的步骤, 其中, 泄水孔呈梅花形设置, 泄水孔的横向间距为 2.5m, 竖向间距为 1.5m, 最小一排泄水孔应高出地面 300mm, 泄水孔内设有 5% 的流水斜度, 泄水孔内设有聚氯乙烯管 50, 聚氯乙烯管的规格为 $\phi 110\text{mm}$, 且壁厚不小于 3.2mm, 在聚氯乙烯管管壁设有泄水孔 70, 泄水孔外包覆有渗水土布 80。

参照图 4, 作为优选的技术方案, S20 还包括伸缩缝施工的步骤, 包括以下步骤:

S260: 挡土墙支模时, 将泡沫板预埋在模板结构相接处的结构错台、分段和接缝中。

具体地,挡土墙支模时,将 2cm 厚的泡沫板预埋在与结构相接处的结构错台、分段和接缝中,留出伸缩缝 60 宽度,以便于浇筑伸缩缝。

S270:灌缝前先将缝清理干净,同时在伸缩缝两边设置缝隙,配置沥青砂浆灌入封内填满,并水平抹平光滑。

具体地,在灌缝前先用刷子或风枪将缝清理干净,同时伸缩缝两端凿出预留 0.5cm 缝隙以便于粘结牢固,而后配置水泥:沥青:砂=1:1:3 的沥青砂浆灌入缝内填满,填充要饱满,不得虚灌、漏灌,最后用抹子抹平光滑即可。

作为优选的技术方案,**S30** 还包括以下步骤:

S310:按单段回填施工,先施工段按 1:1 的坡度分层留出台阶,在每段与邻段交接处搭接。

具体地,挡土墙的墙体达到设计强度的 75% 以上时,则进行墙后填料施工,为防止破坏,墙后 1.0m 范围内则采用小型机械碾压,同时因施工位置特殊,狭窄且临近鱼塘,不得使用大型机械作用,则同样采用小型机械碾压。所填的每份材料均要求报请监理工程师验收,在符合设计材料要求后方可回填压实,按单段回填施工,先施工段应按 1:1 的坡度分层留出台阶,在每段与邻段交接处搭接。

S320:回填时基坑内保持干燥,分段分层进行调整,每层松铺厚度不超过 300mm,且回填料的内摩擦角不小于 35kPa。

具体地,由于地段特殊性,墙后填料选择抗剪强度高和透水性较强的填料,内摩擦角不小于 35kPa,回填土填筑

时基坑内不得积水,并保持干燥,分段分层进行调整,每层最大松铺厚度不超过 300mm,如有不规格或凹陷面,则挖松,填土或重新铺盖,重新压实,使土面平整,表面匀称。

进一步的,在施工完成后进行压实度检测,设计要求压实度不小于 95%,在挡土墙外侧则撒播草籽种植花卉草木,在挡土墙内侧则进行管道回填,道路修复等工作^[2]。

4 有益效果

将水位降至挡土墙底可施工水位,并在挡土墙施工时,于墙趾底和墙背顶设置排水沟导排地下水至现状河沟,有效截排水,保证地下水不影响挡土墙施工,挡土墙地基打设松木桩,桩底穿越淤泥质土,桩顶设褥垫层,褥垫层上设置混凝土垫层,为挡土墙施工提供工作面,有效防止挡土墙下沉,在施工完成后,对侧墙背土,即对路基土进行换填压实处理,加强路基土的强度,并且挡土墙充当永久防护结构,防止道路产生不均匀沉降,管道移位等破坏,因此本施工方法可有效截排水、防止管道移位,具有施工效率高的优点^[3]。

参考文献:

- [1] 孙启亚,毛艳丽.河道堤防工程浆砌石挡土墙施工质量控制[J].科技创新与应用,2014(7):163.
- [2] 曹玉彬.河道堤防工程浆砌石挡土墙施工质量控制研究[J].黑龙江科技信息,2015(30).
- [3] 董亚会.河道治理堤防整治工程设计探讨[J].陕西水利,2023(5):74-76.