

# 木桩在里下河地区 小型水工建筑物基础处理中的运用

徐锡华,黎龙凤,缪 平  
(高邮市水利局,江苏 高邮 225600)

**摘要:**高邮市地处长江三角洲的江苏省中部、里下河西缘,里下河地区的软土地基一般为:淤泥质黏土、淤泥质粉质壤土及杂填土等,在多年的工程实践中,针对建筑物地基处理工程量相对较小、地理位置偏僻的小型水利工程软土地基常采用木桩加固地基法,既便于项目实施,又符合工程经济安全要求。

**关键词:**里下河;软土地基;木桩加固地基;经济安全

**中图分类号:**TV861 **文献标识码:**B **文章编号:**1007-7839(2023)03-0034-0003

## Application of wooden piles in foundation treatment of small hydraulic structures in Lixia River Area

XU Xihua, LI Longfeng, MIAO Ping  
(Gaoyou Water Conservancy Bureau, Gaoyou 225600, China)

**Abstract:** Gaoyou District is located in the middle of Jiangsu Province and the west edge of Lixia River in the Yangtze River Delta. The soft soil foundation in Lixia River area is generally composed of muddy clay, muddy silty loam and miscellaneous fill and so on. In many year project practice, for the soft soil foundation of small water conservancy projects with relatively small quantities of building foundation treatment and remote geographical location, the method of wooden pile reinforcement is often used, which is not only convenient for the project implementation, but also meets the economic and safety requirements of the project.

**Key words:** The Lixia River; soft soil foundation; wooden piles foundation consolidation; economic security

## 1 概 述

里下河地区的软土地基一般为淤泥质黏土、淤泥质粉质壤土及杂填土等,按照《水工建筑物地基处理设计规范》SL/T792—2020,本地区常用软土处理方法有:挖填置换、水泥土搅拌桩复合地基、预制钢筋混凝土方桩等。但是,在多年的工程实践中,本地区在工程造价影响不大、工程量相对较小、地理位置偏僻的小型水利工程软土地基常采用木桩加固地基法。

本文以高邮市2017年小农水重点县卸甲镇卸甲村南荡闸站地基加固设计为实例,重点介绍软土地基加固方案选择及设计过程、施工方案、后期观测要求及合理化使用建议,目的是,既便于项目实施,又符合工程经济安全要求。

南荡闸站为闸站一体结构,排涝站设计排涝流量 $2\text{ m}^3/\text{s}$ ,设计水位:外河3.5 m,内河1.5 m。闸站为堤身式布置,设计采用1台800ZLB-125轴流泵,结合上部结构布置,站身長12 m,泵室净宽2.5 m,自排闸室净宽2.5 m,边墩厚0.55 m,中墩厚0.6 m,总

收稿日期:2022-04-27

作者简介:徐锡华(1967—),女,高级工程师,本科,主要从事水利规划设计及工程管理工作。E-mail:464016166@qq.com

宽6.7 m,地基地板底面标高-1.0 m,设计完建期地基承载力要求不小于70 kPa。

工程地质勘察报告:

第1层( $Q_4^m$ ):素填土,平均层厚2.0 m。

第2层( $Q_4^{al+pl}$ ):淤泥质粉质黏土,流塑状态,平均层厚7.3 m,  $[R]=50\text{kPa}$ 。

第3层( $Q_4^{al+pl}$ ):黏土,多数为硬塑状态,平均层厚2.7 m,  $[R]=230\text{kPa}$ 。

第4层( $Q_4^{al+pl}$ ):粉质黏土。本次勘察最大揭示厚度4.6 m,  $[R]=200\text{kPa}$ 。

根据地基勘探资料,地基持力层在第二层,为淤泥质粉质黏土,天然地基承载力不能满足要求。

## 2 加固方案比选

本地区常用地基加固方案有:

(1)采用水泥土换填,因地下水位高,且淤泥质黏土渗透性差,采用井点降水效果不佳,施工困难。

(2)采用水泥土搅拌桩,因站身处110KVA高压线不能移位,搅拌桩机械不能进场。

(3)采用钢筋混凝土预制短桩,因工期长,不能满足汛期拆坝防水和防洪排涝要求。

(4)采用木桩,市场供应充足,且施工方便。

针对本地区类似建筑物,若采用水泥土搅拌桩、预制方桩等加固地基,理论均可行,但实际施工时受施工现场条件限制及工期等控制性因素影响。经综合比选,采用第4种方案最优,设计要求地基承载力不小于120 kPa<sup>[1]</sup>。

## 3 设计与施工

依据本地多项工程建设经验,参考中国建筑工业出版社《地基处理手册》,木桩布置方案如下:

采用木桩稍径不小于12 cm,长5 m,设计木桩桩顶高程-1.0 m,桩顶设C25混凝土褥垫层10 cm。桩间距均为60 cm,正方形布置,闸身段基础横向布设20根,共11行,计220根;四角翼墙基础均布设70根,计280根,工程总计500根。单桩承载力25 kN。复合地基承载力要求不低于120 kN/m。

杉木桩打入前,要求刷水泊油防腐。

### 3.1 复核计算

设计木桩桩长5 m,要求桩头直径不小于150 mm、尾径不小于120 mm。木桩贯入的土层为淤泥质粉质黏土层4.37 m,黏土层0.63 m。

#### 3.1.1 单桩承载力计算

木桩在土中形成摩擦桩,其单桩竖向承载力允

许值按式(1)计算<sup>[2]</sup>

$$R_a = U_p \sum_{i=1}^n q_{si} l_i + \alpha q_p A_p \quad (1)$$

式中, $U_p$ 为桩身周长; $q_{si}$ 为桩周第*i*层土的侧阻力允许值,按地区经验,分别取10 kPa和20 kPa; $l_i$ 为桩穿越第*i*层土的厚度,m; $\alpha$ 为桩端天然地基土的承载力折减系数,取0.5; $q_p$ 为桩端地基土的承载力允许值; $A_p$ 为桩端截面积。将已知条件代入式(1),得单桩承载力 $R_a$ 为25.18 kN。

#### 3.1.2 复合地基承载力及桩数量计算

软弱地基经木桩处理后实际形成复合地基,其承载力标准值按式(2)计算:

$$f_{spk} = m \frac{R_a}{A_p} + \beta(1-m)f_{sk} \quad (2)$$

式中, $f_{spk}$ 为复合地基承载力标准值; $m$ 为面积置换率; $R_a$ 为单桩竖向承载力标准值; $A_p$ 为桩端截面积; $\beta$ 为桩间土承载力折减系数,取0.8; $f_{sk}$ 为桩间土承载力标准值。经换算得 $m$ 为0.048,需要桩的根数 $n$ 为218根。木桩实际布置了220根,梅花形布置,间距60 cm,满足要求。

#### 3.1.3 下卧层强度计算

闸站复合地基下卧层为黏土,承载力标准值230 kPa,不再进行下卧层强度计算。

#### 3.1.4 地基沉降计算

桩身的沉降计算 $S$ 由复合地基的变形量 $S_1$ 和桩端持力层的变形量 $S_2$ 组成。

(1)复合地基的变形量 $S_1$ 计算

复合地基的压缩变形量 $S_1$ 按下式计算:

$$S_1 = (P_z + P_{zL})L / 2E_{sp} \quad (3)$$

$$E_{sp} = mE_p + (1-m)E_s \quad (4)$$

式中, $E_{sp}$ 为复合地基的压缩模量; $P_z$ 为复合地基顶面的附加压力; $P_{zL}$ 为复合地基地面的附加压力; $L$ 为复合地基长度; $E_p$ 为杉木桩桩身的压缩模量; $E_s$ 为桩间土的加权平均压缩模量。经计算得 $S_1$ 为0.4 mm。

因为木桩的压缩模量较大,所以复合地基的压缩模量也较大,因而压缩变形量很小。

(2)复合地基桩端下卧层的变形量 $S_2$ 计算

桩土复合体底面以下未加固土体的压缩变形按照《建筑地基基础设计规范》GB50007—200规定的分层总和法进行计算,根据地质资料,地基下卧层为硬塑状粉质黏土,天然地基承载力标准值230 kPa,压缩变形量很小,可忽略不计<sup>[3]</sup>。

故闸站地基沉降量为0.4 mm。

### 3.2 工程实施

本地区目前市场供应的多为杉木桩,杉木桩的

特点是材质密度较强、顺直度好,选料时注意按设计要求的梢径控制选材。

打桩前,将木桩尾部削成尖锥状,可以减少打桩阻力,保护桩头。为便于施工,现场常常采用液压挖掘机打桩,前期用挖斗倒过来扣压木桩,待木桩达到一定深度能够自身保持稳定后,由挖机压桩达设计深度。为了确保打桩效果,打桩时必须由基地四周往内圈施打。打桩完毕后应按设计高程锯平桩头,使桩顶保持在一个水平面,清挖打桩时挤出的淤泥,在桩顶铺设 20 cm 厚混凝土褥垫层,然后再浇筑底板混凝土,以保证基础通过褥垫

层把一部分荷载传到桩间土上,调整桩和土的分担作用,同时可减小桩土应力比,充分发挥桩间土的作用。

该工程竣工验收后运行半年再进行观测,站身及上下游翼墙共计 12 个沉降点,实测最大沉降量为 12 mm,最小沉降量为 7.8 mm,沉降量差为 4.2 mm,运行情况良好。

## 4 经济技术分析

经理论计算,闸站主体结构各方案基础处理经济造价分析见表 1<sup>[4]</sup>。

表 1 经济造价分析

方案	结构型式	设计参数	优点	缺点	工程投资/ 万元
方案一	换填土	采用 10% 水泥土换填,深度 2 m,超出基础宽度 100 cm,扩散角 45°,换填量 300 m <sup>3</sup>	施工方便	地下水位高,施工难度大	5.10
方案二	水泥土搅拌桩	采用 42.5 级水泥,掺入量 15%,桩身直径 60 cm,长 7.5 m,间距:纵向 110 cm,横向 120 cm,正方形布置,60 根	适应不同加固深度	机械施工进场通道和作业面需达到一定的要求,受周边环境干扰因素大	7.72
方案三	混凝土预制方桩	桩身截面 30 cm×30 cm,长 6 m,间距:纵向 100 cm,横向 90 cm,正方形布置,88 根	单桩承载能力强,地基沉降量小	预制工期长	5.64
方案四	木桩	要求桩径不小于 12 cm,长 5 m,间距 60 cm,正方形布置,220 根	取材方便,便于施工	不节约投资	6.33

由表 1 可以看出,对于淤泥层厚不大的基础,上述地基处理方案对工程造价影响不大,施工的便利性和工期影响,是主要控制因素。

由于木桩是可再生资源,混凝土桩是不可再生资源,使用木桩生态环保、施工方便,不需要专门机械,一般施工现场均能满足施工要求。

本地区的小型水工建筑物中桥涵闸站,数量众多,面广量大,部分建筑物位置偏远,交通不便,施工条件较差,在较浅软弱土层地基处理中,因量小,施工机械进场难等因素,常常影响工期,通过本文分析发现,采用木桩加固方案,经济又安全。

## 5 建 议

(1)充分论证。设计采用杉木桩加固地基前,必须进行充分认证。重点考虑建筑物的进场道路、施工条件等影响因素。由于用杉木桩处理地基要消耗大量的木材,必须考虑市场供应量,调查市场价格,确保方案经济合理。

(2)控制桩长及间距。本地区在地基软弱土持

力层层厚不大于 5 m 时,常选用木桩加固,且较多选用 4~5 m 的木桩,长度超过 6 m,市场供应困难,也不够经济,同时也不宜短于 2.5 m,以免影响处理效果。设计时桩间优选梅花形布置,桩间距离不宜小于 3 倍桩径。

(3)使用限制。采用杉木桩加固地基,建筑物底板下卧层软弱土层厚度不应超过 10 m,否则,会因地基沉降变形过大而影响建筑物使用。原则上,桩长应穿透软弱土层到达下卧强度较高的土层,尽量在深厚软土层中避免采用“悬浮”桩型。

### 参考文献:

- [1] 陈伟平. 松木桩处理软土地基的设计与施工[J]. 广东水利电力职业技术学院学报, 2005, 3(1): 49-53.
- [2] 中国科学院建筑研究院. 建筑桩基技术规范: JGJ94—2008 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008.
- [3] 邓涛. 浅谈松木桩处理软土地基[J]. 民营科技, 2011(4): 182.
- [4] 龚晓南. 地基处理手册[M]. 3 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2021.