

预应力管桩复合地基 在厚软土地基闸站工程中的应用

谢锡刚¹,朱彬彬²,吴毅³,张浩²,毕永明⁴

(1. 无锡市锡山区城市运行管理中心,江苏 无锡 214000; 2. 无锡市锡山区鹅湖镇水利管理站,江苏 无锡 214000;
3. 无锡市锡山区东港镇水利管理站,江苏 无锡 214000; 4. 无锡市锡山区羊尖镇水利管理站,江苏 无锡 214000)

摘要:由于预应力管桩抗剪性能差,预应力管桩基础在需要承受较大水平荷载的工程尤其是闸站工程中应用较少。将预应力管桩作为复合地基使用,既能够充分利用其耐打性好、穿透性强等优点,又可以避免自身抗剪性能差的缺点。以预应力管桩复合地基在某闸站工程的实际应用为例进行研究,分析了预应力管桩复合地基的结构特点和承载力特点,并对各建筑物的最终沉降量进行计算,为预应力管桩复合地基在闸站工程的应用提供参考。

关键词:预应力管桩;厚软土地基;闸站工程;方案比选

中图分类号:TV553 文献标识码:B 文章编号:1007-7839(2023)03-0018-0004

Application of prestressed pipe pile composite foundation in sluice station project on thick soft soil foundation

XIE Xigang¹, ZHU Binbin², WU Yi³, ZHANG Hao², BI Yongming⁴

(1. Wuxi Xishan District Urban Operation Management Center, Wuxi 214000, China;

2. Ehu Town Water Conservancy Management Station of Wuxi Xishan District, Wuxi 214000, China;

3. Donggang Town Water Conservancy Management Station of Wuxi Xishan District, Wuxi 214000, China;

4. Yangjian Town Water Conservancy Management Station of Wuxi Xishan District, Wuxi 214000, China)

Abstract: Due to the poor shear resistance of prestressed pipe pile, the prestressed pipe pile foundation is rarely used in projects that need to bear large horizontal loads, especially in sluice station projects. The use of prestressed pipe pile as composite foundation can not only make full use of its advantages such as good driving resistance and strong penetrability, but also avoid its shortcomings of poor shear resistance. Taking the practical application of prestressed pipe pile composite foundation in a sluice station project as an example, the structural characteristics and bearing capacity characteristics of prestressed pipe pile composite foundation are analyzed, and the final settlement of each building is calculated, which provides a reference for the application of prestressed pipe pile composite foundation in the sluice station project.

Key words: prestressed pipe pile; thick soft soil foundation; sluice station projects; scheme comparison and selection

预制预应力空心管桩是一种成熟可靠的桩型,在房建、交通、市政、水利等各种类型桩基础工程项目中广泛应用^[1-3]。王惠生^[4]提出将高强预应力空

心管桩用于基坑支护,相较于灌注桩支护,采用预应力空心管桩的支护方案能够使工期提前接近2倍,同时减少了场地占用面积和环境污染程度。李志

收稿日期:2022-12-14

作者简介:谢锡刚(1986—),男,工程师,主要从事施工技术管理工作。Email:278204427@qq.com

刚等^[5]从力学性能和耐久性要求等方面对预应力空心管桩和方桩进行综合分析,并对两类桩的抗震承载力做验算,结果表明管桩和方桩各有优缺点,但整体上管桩的性能更加优越且适用于抗震设防区。姜翟斌等^[6]对预应力空心管桩在冬季施工的技术方案进行可行性验证和经济性比选,结果表明预应力空心管桩不仅在技术上可行,并且能够节省可观的工程造价。总的来说,预应力管桩具有设计选用范围广、耐打性好、穿透性能强、单桩竖向承载力高、抗震性能好、工程质量可靠、造价适宜、施工工期短等优点^[7-8]。但由于预应力管桩承受水平荷载(抗剪)性能差,预应力管桩基础在需要承受较大水平荷载的工程尤其是闸站工程中应用较少。将预应力管桩置换地基中部分土体,形成由地基土与预应力管桩共同承担荷载的复合地基,水平力由土体与建筑物间的摩擦力承担,既能够充分利用预应力管桩耐打性好、穿透性能强等优点,又可以避免自身抗剪性能差的缺点。

1 工程概况

江苏省内某闸站工程,包含1座16m宽的溢流堰、1座流量为4 m³/s的补水泵站及其他相关附属建筑物。溢流堰采用底轴驱动翻板门,布置于主河道当中,溢流堰净宽16 m,启闭机井设于闸室两侧;泵站采用潜水轴流泵,单机流量2 m³/s,采用岸边式布置,泵站进出水采用暗涵与河道相连。根据地质勘察报告,该工程泵站、溢流堰、进水箱涵及翼墙底板均坐落在③层淤泥质粉质黏土夹粉土上。该层土含水量高、压缩性高、承载力低,地基允许承载力为75 kPa,工程力学性质差,天然地基无法满足承载力及沉降稳定要求,其下先后分布③-1层淤泥质粉质黏土、⑤层粉质黏土夹粉土及⑦粉质黏土,其地基允许承载力分别为70 kPa、140 kPa和260 kPa。其中③-1、③均为软弱层,需进行地基处理,为满足承载力及沉降要求,本工程地基处理需穿过③-1、③层,处理深度约为22.0~25.0 m。

2 实例应用

2.1 方案比选

本工程主体建筑物均采用整板基础,工程具有荷载分布较为均匀、单位面积荷载绝对值不大的特点,且各个单体建筑物均承受较大水平力(水压力、土压力),且工程位于河道内,须在河道内整幅围堰施工,为不影响度汛,水下工程须赶在汛期之前完

成,工期较紧。如采用桩基础,由于本工程需要承受较大水平力,采用钻孔灌注桩可满足竖向及水平承载力要求,但钻孔灌注桩工程造价高,施工工期长,无法满足经济性及工期要求,故不适用于本工程。对于具有此类受力特点的建筑物采用复合地基进行处理更为经济合理。目前常用的复合地基处理方法有:沉管法施工的砂石桩、碎石振冲桩、高压旋喷桩、深层搅拌桩、CFG桩、预制桩复合地基等^[9-10]。前两种方法无法处理深层软土地基,高压旋喷桩在此类厚软土地基中施工质量无法保证,深层搅拌桩加固深度不宜大于20 m,本工程处理深度需达25 m以上,故深层搅拌桩复合地基处理方法在本工程中不适用。CFG桩可采用沉管灌注桩或长螺旋施工工艺,也是常用的复合地基处理方法,但由于本工程处理深度大于25 m且存在深厚的淤泥质土层,CFG桩容易发生堵管、缩颈、断桩等工程病害,工程质量无法保证,存在较大风险,故本工程不推荐采用。经过比选本工程采用预应力管桩复合地基方案,根据本工程特点,采用预应力管桩复合地基处理方法进行地基加固,竖向力由预应力管桩及桩间土体共同承担,水平力由建筑物与土体之间摩擦力承担。该方案能充分利用管桩竖向承载力高的优点,同时避免了管桩抗剪性能差的缺点,且预应力管桩为工厂内预制,检测合格后方可出厂,桩身质量保障性好,预制桩施打速度快亦能满足工期要求。

2.2 工程设计

本工程设计采用先张法预应力混凝土管桩,桩径为40 cm,桩数共497根,其中196根(溢流堰)+63根(泵站)+138根(翼墙及清污机桥)+58根(引水箱涵)+42根(出水箱涵)。图1和图2分别为桩基的平面布置图和剖面图,桩端进入持力层要求不小于0.8 m,出水箱涵部分桩以⑤粉质黏土为桩端持力层,有效桩长25 m;其余部分桩均以⑤-1粉质黏土夹粉土为桩端持力层,其余部分有效桩长均为25 m。为减小桩土应力比,改善刚性基础下复合地基性状,保证复合地基桩、土共同受力,复合地基需在桩顶部设置褥垫层,岸上工程通常采用砂石褥垫层,本工程在河道内需考虑水利工程的防渗要求,故选用8%水泥土褥垫层,厚度30 cm。为避免桩体对褥垫层产生穿刺破坏,可考虑在桩顶设置柱帽,本工程采用了80 cm×80 cm钢筋混凝土柱帽。

复合地基计算以各单体建筑物的承载力要求控制,同时还需满足最终沉降变形量要求。采用预

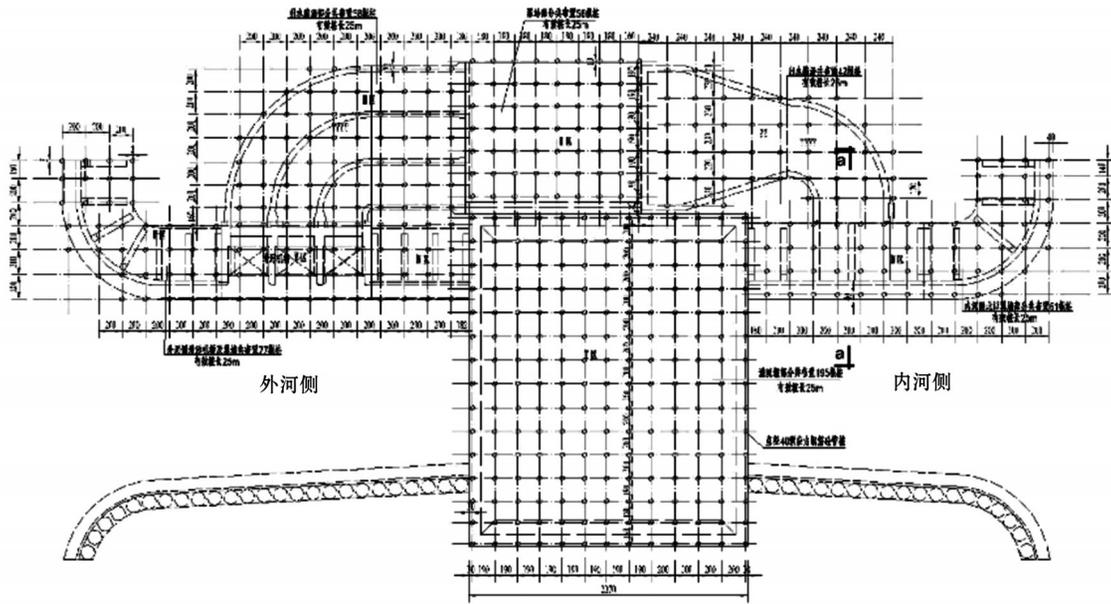


图1 桩基平面布置(单位:m)

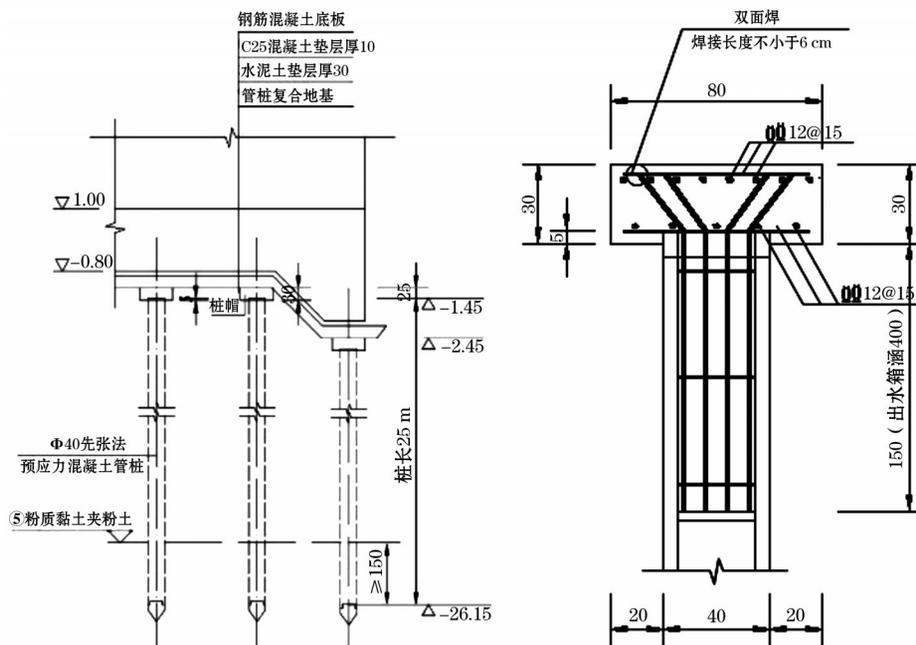


图2 桩基剖面(单位:m)

应力管桩地基处理后承载力按复合地基计算,根据上部建筑物承载力要求及确定(通过调整面积置换率、单桩承载力)等来综合确定桩的桩径、间距、桩长等,并根据处理后的复合地基弹性模量验算各单体地基变形量。复合地基承载力根据如下公式进行计算:

$$f_{spk} = \beta_p m R_a / A_p + \beta_s (1 - m) f_{sk} \quad (1)$$

$$R_a = u_p \sum_{i=1}^n q_{si} L_i + \alpha q_p A_p \quad (2)$$

式中: f_{spk} 为复合地基承载力特征值,kPa; β_p 为桩体竖

向抗压承载力修正系数; m 为复合地基置换率; R_a 为单桩竖向抗压承载力特征值,kN; A_p 为单桩截面面积, m^2 ; β_s 为桩间土地基承载力修正系数; f_{sk} 为桩间土地基承载力特征值,kPa; u_p 为桩的周长,m; n 为桩长范围内所划分的土层数; q_{si} 为桩周第*i*层土的侧阻力特征值,kPa; L_i 为第*i*层土层的厚度,m; α 为桩端天然地基土的承载力折减系数,可取0.6~0.8,承载力高时取低值; q_p 为桩端地基土未经修正的承载力特征值,kPa。

单桩竖向承载力为各建筑物基础计算结果详

表1 基础工程特性

基础处理部位	允许承载力/kPa	桩径/cm	桩距/cm	面积置换率	桩长/m	复合地基承载力/kPa
泵站	75	40	200×190	0.0321	25	200
溢流堰	75	40	180×180	0.0388	25	205
翼墙	75	40	210×220	0.0301	25	195
进水箱涵	75	40	200×210	0.3100	25	195

见表1。

选取单个建筑物(闸、站、翼墙)底板地基中点作为计算点对最终沉降量进行计算,地基最终沉降量采用分层总和法根据如下公式进行计算:

$$S=S_1+S_2 \quad (3)$$

$$S_1=\psi_p Ql/E_p A_p \quad (4)$$

$$S_2=\sum_{i=1}^n \frac{\Delta p_i}{E_{si}} l_i \quad (5)$$

式中: S 为地基最终沉降量,cm; S_1 为加固区桩与土的共同沉降,cm; S_2 为下卧层沉降,cm; ψ_p 为沉降计算经验系数,根据地区沉降观测资料及经验确定; Q 为单桩荷载,kN; l 为加固区桩与土共同厚度,cm; E_p 为弹性模量,MPa; A_p 为单桩截面积,m²; n 为桩长范围内所划分的土层数; Δp_i 为为下卧层第*i*层复合土层的附加应力增量,MPa; E_{si} 为等效作用底面以下第*i*层土的压缩模量,MPa; l_i 为为下卧层第*i*层土体的厚度,cm。

各建筑物最终沉降量计算结果详见表2。

表2 各建筑物最终沉降量计算结果

计算部位	沉降量/cm
泵站底板中心	1.31
溢流堰底板中心	2.54
内河翼墙底板中心	0.71
外河翼墙底板中心	0.71

由表2可见,经过地基处理后各主要建筑物沉降量及沉降差均可满足规范要求。

根据计算结果,本工程选用桩径40 cm 预应力管桩,桩长25 m,采用单桩长12 m和13 m长桩接桩,桩尖采用A型开口型钢桩尖,除部分靠近河岸挡墙的采用锤击法施工其余均采用静力压桩法施工。

2.3 质量检测

复合地基施工完成后需进行质量检测,检测数量根据场地复杂程度、建筑物重要性及地基处理施

工技术的可靠性确定,本工程需进行复合地基静载试验及桩身完整性检测,其中静载试验承压板面积要求不小于1 800 mm×1 800 mm,桩身完整性采用低应变动力试验。经检测,处理后本工程各建筑物地基承载力及桩身完整性均满足要求。

3 结 语

本文结合工程实例,对预应力管桩复合地基方案比选、工程计算、设计及检测要求等多方面进行了深入分析,计算了各建筑物的复合地基承载力和最终沉降量。闸站工程普遍采用整板基础,具有荷载分布均匀、单位面积竖向荷载的绝对值不大,但需承受较大水平力的特点,针对存在厚软土地基的此类工程采用管桩复合地基,是一种经济合理的方式,对于类似工程的施工建设具有一定参考价值。

参考文献:

- [1] 田卿燕,高会强,钱尼贵,等. 高速公路软基纵向裂缝处治效果分析评价[J]. 中外公路,2017,37(4):25-28.
- [2] 张文,徐梅,陆春明,等. 如皋市区预应力管桩群桩效应的探讨[J]. 工程技术研究,2018(10):46-47.
- [3] 张超,刘军勇. 软土区综合管廊工程中预应力管桩地基处理技术的优化及应用[J]. 路基工程,2018(5):12-16,23.
- [4] 王惠生. 预应力空心管桩在基坑支护工程中的应用[J]. 天津建设科技,2015,25(3):14-16.
- [5] 李志刚,张雁,朱合华. 预应力高强空心桩(管桩和方桩)工程应用分析[J]. 建筑结构,2014,44(8):1-5,14.
- [6] 姜翟斌,张广通. 预应力混凝土空心管桩在冬期施工中的应用[J]. 低温建筑技术,2011,33(7):102-103.
- [7] 刘倩怡,王星梅,王鑫. 预应力管桩在水利工程中的应用[J]. 江苏水利,2012,177(5):29-30,32.
- [8] 詹旺林,刘翔,周将. 偏斜预应力混凝土管桩承载能力分析 & 合理利用研究[J]. 重庆建筑,2022,21(2):55-58.
- [9] 石明宇. 碎石振冲桩在大黑河挡黄闸除险加固中的应用[J]. 内蒙古水利,2016(5):56-57.
- [10] 朱振生,沈扬,汪磊,等. 含软土夹层地基高压旋喷桩加固方法研究[J]. 科学技术与工程,2015,15(35):64-69,86.