

真空联合高堆载预压处理深基坑软土地基 综合施工技术的应用

梁广雪¹, 梁广会², 赵海娟³, 姚庆东³

(1. 江苏盐城水利建设有限公司, 江苏 盐城 224014; 2. 南通通源建设监理有限公司, 江苏 南通 226006;
3. 盐城市大丰区水利局, 江苏 盐城 224100)

摘要:目前,平地真空预压、堆载预压、真空联合堆载预压施工技术已广泛应用,但对于深基坑真空联合高堆载施工技术需要进一步研究和探讨。在南水北调东线第一期工程里下河水源调整工程阜宁站工程施工中,通过科技研发和攻关,采用了深基坑真空联合高堆载预压处理软土地基技术,在工艺上不断创新突破,解决了深基坑软土地基处理难题,取得了显著的效果,为软土地基工程施工提供了新的可行的施工技术应用。

关键词:真空联合高堆载; 预压处理; 软土地基; 综合技术; 应用

中图分类号:TV522 文献标识码:B 文章编号:1007-7839(2020)03-0047-04

Application of comprehensive construction technology of deep foundation pit soft soil foundation treated by vacuum combined with high heaped load preloading

LIANG Guangxue¹, LIANG Guanghui², ZHAO Haijuan³, YAO Qingdong³

(1. Jiangsu Yancheng Water Conservancy Construction Co., LTD., Yancheng 224014, Jiangsu;
2. Nantong Tongyuan Construction Supervision Co., LTD., Nantong 226006, Jiangsu;
3. Dafeng Water Conservancy Bureau of Yancheng City, Yancheng 224100, Jiangsu)

Abstract: At present, the construction technology of flat ground vacuum preloading, heaped load preloading and vacuum combined with heaped load preloading has been widely used. However, the deep foundation pit combined with high heaped load preloading needs further research and discussion. In the construction of Funing station of Lixiahe water source adjustment project of the first phase of the east line of South to North Water Transfer Project, through scientific research and development and tackling key problems, the deep foundation pit vacuum combined with high heaped load preloading was adopted. The soft soil foundation technology had been innovated and broken through continuously in technology, which overcame various technical difficulties, successfully solved the problem of soft soil foundation treatment of deep foundation pit, and achieved remarkable results, providing a new and feasible construction technology application for soft soil foundation engineering construction.

Key words: vacuum combined high heaped loading; preload treatment; soft soil foundation; comprehensive technology; application

收稿日期:2019-11-24

作者简介:梁广雪(1968—),男,高级工程师,主要从事水利工程施工管理工作。

软土地基在我国分布范围比较广,作为构筑物的基础十分不稳定,容易出现较大的工后沉降及地基的不均匀沉降等情况,对构筑物的稳定性产生极大影响^[1]。如何在软土地基进行建筑物施工,通过科技创新,采取新的施工工艺,使原天然地基处理后承载力达到设计要求,确保建筑物质量与安全,是一个值得探讨和研发的新课题。

本文结合南水北调东线第一期工程里下河水源调整工程阜宁站段,经过对深基坑联合高堆载施工技术方案的检验和控制,得出深基坑联合高堆载处理软土地基的研究成果。

1 概况

南水北调东线第一期工程里下河水源调整工程阜宁泵站位于阜宁县陈集镇金星村境内,主要任务是在江水北调期间,将阜宁腰闸至通榆河总渠地涵段共 1.79 万 hm^2 耕地用水源由总渠水源调整为抽引里下河水源入总渠灌溉。工程设计流量 $30 \text{ m}^3/\text{s}$,布置 1600ZLB7.5-4.5 型立式轴流泵,配 YKS500-20 立式异步电机 5 台套,单台流量 $7.5 \text{ m}^3/\text{s}$,配套电机功率 500 kW,总装机容量 2500 kW。工程主要建设内容包括泵站站身、站下清污机桥、穿堤涵洞防洪闸、上下游引河开挖、房屋工程。阜宁泵站站身采用湿室型墩墙结构,底板底高程为 -6.7 m,底板长 28.5 m,宽度 20 m。上游 1 节翼墙采用空箱结构,上下游其他翼墙采用扶壁结构。

2 地基预压处理监测及要求

站址处地基为淤泥质粉质粘土夹轻粉质砂壤土,厚度较大,设计采用真空联合堆载预压进行站身及翼墙地基预压处理,预压面积为 $2\,682.4 \text{ m}^2$,地基处理预压面底高程 -4.5 m,预压面顶高程 8.5 m,原始地面平均高程 3.5 m。预压处理前先将地基开挖至高程 -4.5 m。

预压监测现场共布置沉降标 14 个、沉降管 3 个、孔压计 3 个、测斜管 4 个、真空计探头 3 个、真空表 3 个,用于真空联合堆载预压处理观测,设计要求:

(1)堆载速率以现场监测为准,控制在:边桩水平位移小于 $5 \text{ mm}/\text{d}$,基底中心点沉降速率小于 $15 \text{ mm}/\text{d}$,孔隙水压力小于等于 0.6,日堆载高度小于 25 cm,分层应均匀。

(2)在密封沟外侧 1.5 m 处,设直径 50 cm 管

井排水,管井高程 3.5 ~ -32 m。

(3)要求卸载前地基固结度达到 90% 以上,卸载前的沉降稳定标准为:连续 7 d 平均沉降量小于或等于 $1 \text{ mm}/\text{d}$,加固前后取土试验,加固前后进行十字板剪切试验,以检验其加固效果。

3 工艺特点

3.1 采用移动轨道施工技术

深基坑软土地基塑料排水板施工,考虑到桩机架底部土体出现不均匀沉降而倾覆,采用平板移动轨道施工技术。主要要点是:在轨道下侧铺设可移动平板,材料为高强竹胶板,轨道铺设在平板上,平板根据桩架位置不断移动,从而保证桩机架的垂直度和灵活移动性。

3.2 采用主管、滤管、抽真空装置保护技术

从高填土(从 -4.5 ~ 8.5 m,共填土高度 13 m)堆载对膜内主管道的影响进行研究,保证真空主管道能够持续稳定工作。

3.2.1 主管、滤管选择及布置

埋于砂垫层中的管道分主管和滤管两种,主管为 $\Phi 90 \text{ mm}$ 的 PVC 管,壁厚大于 2.4 mm;支滤管为 $\Phi 75 \text{ mm}$ 的 PVC 管,壁厚大于 2 mm。考虑到高填土对管道的影响,首先计算管道所需的径向承载力,一是考虑承受足够的径向真空压力而不变形,二是考虑承受上部土体传导的轴向压力不变形。然后到市场进行比选,采购合格产品后,首先送专门检测机构进行试验,符合设计要求后使用。

支滤管上先穿打 $\Phi 6 \text{ mm}$ 、孔间距 30 ~ 40 mm 的小孔,外包一层无纺土工布滤膜,以防杂物堵塞孔、管。在把支滤管装入滤布套之前,要把主管和滤管内外清洗干净,避免将砂、泥留在管内,因为泥沙被吸入泵体会损坏泵叶。

主管的端部与滤管采用三通联接,主管与滤管之间用三通或四通联接。现场铺设时,将滤管的末端用木塞封死,然后再套上预先缝制好的反滤布套。同时反滤布将滤管上的孔洞盖住,再用细绳把滤布套两端捆扎牢靠。滤水管排距为 5.5 m,最外层滤水管距场地边的距离为 3 m,射流泵抽出水经抽排至下游小中干渠。

安装结束后,将整个主管、滤管埋入砂垫层中,出膜装置的开口部分暂时用布包好,以防砂子进入管内。

3.2.2 主管的出膜装置

主管的出膜装置使整个膜内、膜外抽真空系统

形成一个有机整体,使管路系统连续、通畅。本技术从抽真空出膜管道防护技术方面研究,提高抽真空效果,加快地基土壤固结,保证地基承载力尽快达到设计预想。

首先在主管的出口部位联结1个带有法兰盘的弯曲钢管,法兰盘上焊有4个固定的螺杆,实施时先在膜内法兰盘上放置1个密封橡胶垫圈,将密封膜穿过固定的螺杆置于法兰盘上,再将膜外的垫圈和有4孔的膜外法兰盘(其上已焊有65 cm长的1节弯管)置于膜上,加上螺栓拧紧,再通过钢丝螺纹橡胶管就把抽真空装置与膜下的管路系统联系起来,形成一个抽气系统。本技术考虑到出膜管道全部埋在土中,自由伸展度不可能达到,先将抽真空出膜主管道预留沉降长度(根据设计图纸指标计算最大沉降1.73 m)3.5 m,其次,利用子母管道法,在钢丝螺纹橡胶管内部再布设1根直径略微小一点的软滤管,软滤管外侧也裹好反滤布套。同时保证该软滤管能承受同样的径向压力。

3.2.3 抽真空装置

抽真空装置由高压射流泵、射流喷嘴、循环水箱组成。

(1)本技术首先从真空泵安装高程上进行研究,保证抽真空能够尽快达到设计的真空度要求。

处于真空状态下的气体稀薄程度,通常用真空度表示。若所测待处理土体内的压强低于大气压强,其压力测量需要真空表。真空度数值是表示出系统压强实际数值低于大气压强的数值,即,真空度=大气压强-绝对压强。本技术忽略由于泵安装高程引起的大气压强降低值。

同时,由于本软土地基处理技术中,射流真空泵不仅仅是从土体中抽空气,而且还要将软土中的水排出,属于水气混合体。因而出膜口处的绝对压强还跟水头高度存在一定的因果关系。

在本软土处理技术中,真空泵处的水头为位置水头。其余在本技术中不予考虑。那么,真空泵的安装高程绝对影响膜内的真空度。据此计算,真空泵的安装高程与出膜口高程差不能大于2 m,从而能保证达到设计的80 kPa要求。因此,本技术将真空泵安装在高程-4 m左右,与出膜口保持一致。

(2)对真空泵保护措施上进行技术研究,保证真空泵能够持续稳定工作。同时加强真空泵出水的抽排。由于真空泵安装在-4 m高程,那么,真空泵工作场所则全部在堆载土体之中,要保证泵的正常工

本技术的做法是:真空泵外用有企口的水泥套管保护泵体,套管为钢筋混凝土结构,每节2 m,直径1.5 m,每台真空泵用4节。套管根据堆载土体进度逐步上升。管内采用钢爬梯用于检修。管节之间接头外用土工布裹好,同时用木方做骨架,以保证管与管接头不致错榫损坏。

4 研究目标及达到的效果

4.1 综合技术的研究目标及特点

由于目前真空联合堆载预压方法在施工工艺等方面的研究不多。本工程主要是在深基坑采用该方法施工中,对抽真空出膜管道防护技术、真空泵保护、防护技术的使用进行研究,目标是保证真空泵能够持续稳定工作、保证达到设计真空度的要求,保证堆载施工的顺利进行。本研究的特点是:

(1)采用移动轨道施工技术,实现深基坑(8 m)软地基塑料排水板施工。

(2)通过改进真空泵防护,增设外套管保护措施,保证真空泵能够持续稳定工作。

(3)通过高填土(填土高度13 m)堆载中,改进和控制真空膜内管道防护技术,保证真空主管道能够持续稳定工作。

(4)通过观测堆载速率,研究出控制测斜结果的影响技术,以保证堆载施工的顺利进行。

4.2 综合技术的创新点

真空联合堆载预压技术,针对软地基处理提出和实现了“双压两改双控”技术创新:①“双压技术”就是通过真空预压产生负压和高堆载预压产生正压,使两者形成联合作用,孔隙水压力的压差更大,造成孔压消散更快,加固效果更好;②“两改技术”就是通过改进真空泵防护措施,增设外套管保护(防护)技术,达到真空泵持续稳定工作目的;通过高填土(填土高度13 m)堆载中,对抽真空膜内管道防护技术进行改进和控制,达到真空主管道持续稳定工作的效果;③“双控技术”就是通过观测堆载速率,研究出测斜结果的影响技术控制要素,以保证堆载施工的顺利进行;通过高填土堆载中抽真空膜内管道防护技术的控制,保证真空主管道能够持续稳定工作。

4.3 综合技术应用效果

(1)表层沉降:在抽真空初期沉降速率较大并有逐渐变缓趋势,堆载开始后沉降速率增长明显,在堆载过程中最大沉降速率满足设计要求,保证了堆载过程中地基的稳定性,恒载期间沉降逐渐变

缓。真空联合堆载预压恒压期间,地表平均沉降量 1519 mm,最大沉降量 1841 mm,最小沉降量 1275 mm,平均沉降速率为 0.7 mm/d,满足设计要求。

(2)深层分层沉降:根据监测结果,对地基处理的主要部位为中上层,沉降量主要集中在中上层土层,说明中上层土层含水量高,下层土质含水量低,满足设计要求的处理深度。

(3)孔隙水压力:抽真空初期,孔隙水压力消散明显^[2],堆载期间,伴随着堆载高度的增高,孔隙水压力出现反弹-消散的正常反复,真空预压联合堆载期间孔隙水压力不断消散,出现异常反弹情况能够及时处理,最终各点消散量可达 80 ~ 150 Kpa 左右。

(4)深层侧向位移:抽真空初期,场区整体向内收缩,在荷载作用下,场区整体向外偏移,偏移速率满足设计要求,保证了堆载施工过程中地基稳定性,真空预压联合堆载恒载期间,偏移速率逐渐减小。

(5)预压技术指标:根据监测结果分析,本项目真空联合堆载预压施工,已满足了固结度达到 90% 和沉降速率不大于 1 mm/d 的设计要求。

(6)工后沉降值:本工程经试运行期到单位工程验收时,泵站站身最大沉降量 5 mm,最小沉降量 3 mm,翼墙墙身最大沉降量 10 mm,最小沉降量

1 mm。工后沉降量也满足设计要求。

5 结 语

鉴于真空联合高堆载预压处理深基坑软地基综合施工技术的产生,不仅突破了软土地基采用混凝土基础、桩基础等传统方案,且工艺成熟、过程控制简单、监控数据采集无纸化、施工成本低等特点,为水利工程软土地基施工处理积累了宝贵的经验,在工程设计、施工领域产生了深远的影响。为此,无论是从社会效益上来讲,还是经济效益上来讲,都具有广阔的前景,适用于水利、码头堆场、机场、发电厂、高速公路等类工程的软地基处理^[3]。

水利工程一般基础都为深埋基础,软土地基分部范围较广,深基坑软土地基采用真空联合高堆载预压处理能够用较低成本达到预期的承载力效果,经济优势明显,极具发展潜力。

参考文献:

- [1] 王俊刚,于歆晨. 真空联合堆载预压在软基处理中的应用[J]. 江西建材, 2018(5):86-87.
- [2] 张岩,马更臣. 浅议孔隙水压力观测在真空预压施工中的重要作用[J]. 基层建设, 2018(17):122-124.
- [3] 金小荣. 真空联合堆载预压加固软基试验及理论研究[D]. 杭州:浙江大学, 2017.