

岩土工程中抗浮锚杆施工技术的应用

姚志锋

江苏省地质工程勘察院有限公司, 江苏 南京 210000

摘要 : 深入研究抗浮锚杆施工技术在岩土工程中的应用。以某商业综合体项目为例, 采用筏板基础与抗浮锚杆结合形式, 应对场地内潜水类型地下水浮力作用。施工流程涵盖测量放线、钻机成孔、锚杆制作安装及注浆养护等关键环节。通过严格控制钻孔垂直度、锚筋连接质量, 确保成桩质量。验收试验选取40根锚杆检测, 38根符合抗拔承载力特征值300kN要求, 2根不合格锚杆经压力补浆后达标。

关键词 : 岩土工程; 抗浮锚杆; 验收试验

Application of Anti-Floating Anchor Construction Technology in Geotechnical Engineering

Yao Zhifeng

Jiangsu Geological Engineering Investigation Institute Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu 210000

Abstract : This paper delves into the application of anti-floating anchor construction technology in geotechnical engineering. Taking a commercial complex project as an example, a combination of raft foundation and anti-floating anchors is employed to counteract the buoyancy effect of groundwater of the phreatic type within the site. The construction process encompasses key steps such as surveying and setting out, drilling, anchor production and installation, as well as grouting and curing. By rigorously controlling the drilling verticality and the connection quality of anchor bars, the quality of the pile formation is ensured. During the acceptance test, 40 anchors were selected for inspection, with 38 meeting the requirement for the characteristic value of uplift capacity of 300 kN, and the two unqualified anchors reaching the standard after pressure grouting replenishment.

Keywords : geotechnical engineering; anti-floating anchors; acceptance test

引言

城市化进程加速背景下, 高层建筑与地下空间开发规模持续扩大, 地下水浮力对结构安全的威胁日益凸显。抗浮锚杆作为岩土工程领域关键技术手段, 通过锚固体与岩土体间的粘结作用提供抗拔承载力, 已成为应对此类工程难题的有效解决方案。以某商业综合体项目为研究对象, 系统阐述抗浮锚杆施工技术的工程实践, 分析锚杆制备、成孔、注浆等工序的技术参数, 探讨不合格锚杆的成因及处置方法, 以期为复杂地质条件下抗浮设计提供技术支持^[1]。

一、工程概况

某商业综合体项目总建筑面积12.8万 m^2 , 包含地下2层、地上15层, 地下室建筑面积3.2万 m^2 。地下结构采用框架结构, 基础形式为筏板基础结合抗浮锚杆, 以应对场地地下水浮力作用。场地地貌属波状台地地貌单元, 地形平坦, 地面绝对高程介于480.500 ~ 482.000m之间。场地地下水类型为潜水, 主要赋存于粉砂和中砂层, 水位埋深3.0 ~ 4.0m, 抗浮设计水位绝对

高程483.000m, 地下水对混凝土结构及钢筋混凝土结构中的钢筋均具微腐蚀性, 需在施工中采取防腐措施。本工程抗浮锚杆分为两类设计。锚杆一采用3根HRB400级直径25mm钢筋作为锚筋, 钻孔直径150mm, 暂定有效桩长9.5m, 抗拔承载力特征值300kN; 锚杆二锚筋规格与钻孔直径同锚杆一, 暂定有效桩长10.5m, 抗拔承载力特征值300kN。通过调整有效桩长, 以适应不同深度地层的锚固需求, 确保抗浮锚杆的承载力满足设计要求, 两类锚杆设计参数见表1。

作者简介: 姚志锋 (1988.08-), 男, 汉族, 甘肃庆阳人, 本科; 已有职称: 江苏省中级专业技术资格证书 (系列: 自然资源工程, 专业: 地质勘察·岩土工程, 资格名称: 工程师) 主要从事工作: 岩土工程勘察。

表1 锚杆设计参数表

序号	锚杆类别	锚筋规格	钻孔直径 (mm)	暂定有效桩长 (m)	抗拔承载力特征值 (KN)
1	锚杆一	3C25 (HRB400)	150	9.5	300
2	锚杆二	3C25 (HRB400)	150	10.5	300

二、抗浮锚杆施工准备

(一) 场地要求

试验锚杆施工前,需将场地土方开挖至基底绝对高程478.000m,平整场地并压实,压实度不低于90%,以提供稳定的钻机作业平台。检测锚杆与正式锚杆施工前,需完成基底垫层施工,垫层采用C15混凝土,厚度100mm,待垫层强度达到10MPa以上,方可允许机械进入场地作业,避免垫层因承载力不足导致机械沉降,影响后续成孔精度与施工安全。

(二) 材料检验

锚筋选用HRB400级直径25mm钢筋,进场时严格查验出厂合格证、质量证明书,并按规范要求复试。复试检测项目包括抗拉强度、屈服强度、伸长率,其中HRB400钢筋屈服强度标准值不低于400MPa,抗拉强度标准值不低于540MPa,伸长率不小于16%,各项指标需符合GB/T1499.2-2018《钢筋混凝土用钢第2部分:热轧带肋钢筋》要求,不合格钢筋严禁用于工程。水泥采用PC42.5R普通硅酸盐水泥,进场时检验安定性、凝结时间、3d和28d抗压强度,安定性需合格,复试合格后入库储存,储存过程中设置防潮层,避免水泥受潮结块,影响注浆质量^[2]。

(三) 设备调试

主要施工设备包括履带潜孔钻机、压浆泵以及直螺纹套丝机。履带潜孔钻机型号为KQD100,最大钻孔深度20m,钻头直径153mm,施工前调试钻进速度至1.0~1.5m/min,确保在粉质黏土层与砂层中匀速钻进,同时调整风压参数,在粉质黏土层风压控制在0.5~0.7MPa,在粉砂与中砂层风压控制在0.7~1.0MPa,以减少孔壁坍塌风险。压浆泵型号为UB3,最大注浆压力3.0MPa,调试时检查压力表精度,确保一次注浆压力达到1.2MPa、二次补浆压力达到2.0~3.0MPa,满足不同注浆阶段的压力需求。直螺纹套丝机型号为GSJ-40,调试后加工的钢筋螺纹牙形需饱满、无断牙,用通规、止规检验时,应能顺利旋入通规,而止规旋入深度不超过3扣,确保钢筋连接强度符合JGJ107-2016《钢筋机械连接技术规程》要求。

三、抗浮锚杆施工技术应用

(一) 测量放线

在抗浮设计范围外,设置4个混凝土固定控制点。控制点采用截面300mm×300mm、桩长1.5m的混凝土桩,桩顶埋设不锈钢标志并涂红漆标识,便于施工过程中测放、恢复、检查孔位。使用徕卡TS09全站仪进行孔位测放,以控制点为基准,按照设计间距1.8m×1.8m测放锚杆孔位,孔位偏差控制在±50mm以内。测放完成后,用φ16钢筋打入地面200mm作为标记,并在孔位

周围撒白灰圈定,便于施工人员识别。孔位测放完成后,由总承包单位进行复查,复查内容包括孔位间距以及排距,复查无误后报监理单位审核,审核通过后方可进行钻机就位施工。采用DSZ3水准仪测定每根锚杆的孔口标高,详细记录数据,作为计算锚杆实际长度的依据,确保锚杆锚入底板长度满足设计要求^[3]。

(二) 钻机成孔

履带潜孔钻机移动至孔位处后,首先调整机身水平度,用水准尺检测,确保机身倾斜度不超过1%;同时采用吊线锤法调整锚杆垂直度,使锚杆轴线与孔位中心线偏差不大于20mm,钻孔轴线倾斜率控制在杆体长度的2%以内,以保证钻孔的垂直度和准确性,避免因钻孔倾斜导致锚杆受力不均,影响抗拔承载力。开孔时采用低速钻进,钻进深度达到500mm后,再次检查孔位偏差和垂直度,符合要求后再正常钻进。在钻进过程中,根据不同地层特性调整钻进参数:在粉质黏土层,由于土层为可塑状且压缩性中等,钻进速度控制在1.0m/min,风压0.5~0.7MPa,避免因钻进速度过快导致孔壁挤压变形;在粉砂和中砂层,砂层呈松散、饱和状态,钻进速度控制在0.8m/min,风压0.7~1.0MPa,通过提高风压排出钻屑,减少孔壁坍塌风险。钻孔深度应不小于设计长度,本工程锚杆设计长度为9.5m和10.5m,实际钻孔深度分别控制在9.8m和10.8m以上,确保锚固段长度满足设计要求,其中锚固段需深入中砂层不小于6m,以充分利用中砂层的高承载力。钻孔达到设计深度后,停止钻进,保持钻机空转,用高压风(风压1.2MPa)清孔,直至孔口排出的岩屑中无较大颗粒,且持续时间不少于5min,以清除孔内残留的岩屑和粉尘,保证孔内清洁^[4]。

(三) 锚杆制作、安装

锚杆下料长度根据设计长度、锚入底板长度和弯钩长度确定。锚入底板长度为1000mm、弯钩长度为375mm。因此,锚杆一下料长度为设计长度9.5m+锚入底板长度1.0m+弯钩长度0.375m=10.875m,锚杆二下料长度为设计长度10.5m+锚入底板长度1.0m+弯钩长度0.375m=11.875m,下料误差控制在±30mm以内。下料则采用切割机进行切割,以确保切口平整、无毛刺,避免钢筋端部损伤影响受力性能。当锚杆杆体长度不足时,采用直螺纹套筒连接。连接前,对钢筋端头进行套丝加工,套丝长度为16mm(套筒长度32mm),套丝完成后用通规和止规检验螺纹质量,通规能顺利旋入,止规旋入深度不超过3扣,确保螺纹加工精度。连接时,将套筒两端钢筋对齐,用扭矩扳手拧紧,套筒两端外露有效螺纹不超过2扣,连接扭矩不小于200N·m,保证钢筋连接强度符合设计要求。隔离环采用φ8钢筋制作,间距2000mm,焊接在锚杆钢筋上,确保锚杆在孔内居中,保护层厚度45mm。焊接时采用单面焊,焊缝长度不小于10d(80mm),焊缝需饱满、无夹渣、气孔,避免因焊接质量问题导致隔离环脱

落,影响锚杆的保护层厚度和受力状态。锚杆安装时,将制作好的锚杆缓慢放入钻孔内,操作过程中保持锚杆居中,避免碰撞孔壁,防止孔壁坍塌。同时,将注浆管与锚杆钢筋绑扎在一起,绑扎间距500mm,注浆管端部距锚杆端部50~100mm,确保注浆时浆液能顺利从孔底排出空气。锚杆安装完成后,检查锚杆顶部标高,确保锚入底板长度符合设计要求,若标高偏差超过 ± 50 mm,需重新调整锚杆位置或重新成孔。

(四) 注浆

一次注浆材料为M30水泥浆,水灰比控制在0.45~0.50,采用JW-350搅拌机搅拌,搅拌时间不少于2min,使浆液充分均匀,避免因搅拌不均匀导致浆液离析,影响注浆强度。注浆设备采用UB3压浆泵,注浆时从孔底开始,初始注浆压力为0.5MPa,逐渐升至1.2MPa,保持压力稳定,使浆液自下而上排出孔内空气,直至孔口处溢出纯水泥浆,且无气泡冒出时,停止一次注浆。单根锚杆一次注浆量约 1.2m^3 ,注浆过程中详细记录注浆压力、注浆量和注浆时间,若注浆量异常(如远大于理论计算量),需检查是否存在孔壁坍塌或串孔现象,及时采取处理措施。在一次注浆浆体初凝前,进行二次补浆。补浆材料为水灰比1:1的纯水泥浆,注浆压力提高至2.0~3.0MPa,通过注浆管再次注浆,直至排出的浆液浓度与灌入的浆液浓度相同,且不含气泡时为止。必要时进行三次注浆,确保孔内浆液饱满,二次补浆量约 0.3m^3 。二次补浆的目的是填充一次注浆后因浆液收缩产生的空隙,提高锚杆与周围地层的粘结力,确保抗拔承载力。注浆过程中,若发现注浆压力突然下降或上升,需立即停止注浆,检查注浆管是否堵塞或孔壁是否存在漏浆点,处理完毕后再继续注浆。

(五) 养护

注浆完成后,及时对锚杆进行养护,养护期间禁止碰撞锚杆钢筋和孔口钢筋笼,避免对锚杆造成机械损伤。养护方法为覆盖塑料薄膜并洒水保湿,养护时间不少于7天,每天洒水次数根据天气情况确定,确保孔口处湿润,环境温度保持在 5°C 以上。若养护期间环境温度低于 5°C ,需采取保温措施,如覆盖棉被等,防止浆体受冻影响强度发展。养护过程中,定期检查同条件养护试块的强度,当试块强度达到30MPa以上时,方可进行抗拔试验。养护记录需详细记录每天的温度、湿度、洒水次数和试块强度发展情况,为判断浆体强度提供依据。通过科学合理的养护措施,确保浆体强度能够满足设计要求,保证抗浮锚杆的承载能力在后续使用过程中稳定可靠。

四、抗浮锚杆检测

本工程抗浮锚杆检测严格遵循《建筑地基基础设计规范》(GB50007-2011),选取40根锚杆进行验收试验验证施工质量。检测设备采用YDC240QX空心千斤顶、DSZ3水准仪及精度0.01mm的百分表。锚杆钢筋穿过千斤顶,通过 $300\text{mm}\times 300\text{mm}\times 20\text{mm}$ Q345垫板与夹片式锚具固定,基准梁采用12#工字钢(长4.0m),两端固定于基准桩,百分表对称布置于锚杆两侧监测位移。40根验收锚杆中,38根满足规范要求。典型锚杆检测数据见表2。锚杆一(编号A-01)在450KN荷载下弹性位移5.5mm,蠕变量0.8mm;锚杆二(编号B-12)弹性位移6.9mm,蠕变量1.2mm(6~60min累计蠕变量1.8mm),均符合“弹性位移 $> 80\%$ 理论值且 $<$ 理论总伸长值”“蠕变量 $\leq 2.0\text{mm}$ ”的要求。

表2 典型锚杆检测数据表

锚杆编号	锚杆类别	最大荷载 (KN)	弹性位移 (mm)	1~10min 蠕变量 (mm)	6~60min 蠕变量 (mm)
A-01	锚杆一	450	5.5	0.8	—
B-12	锚杆二	450	6.9	1.2	1.8

经分析,发现2根不合格锚杆。主要原因在于,注浆不饱满导致位移超限,经压力补浆后复检,弹性位移分别为5.9mm和6.3mm,蠕变量均 $< 1.0\text{mm}$,最终合格率100%。

五、结语

抗浮锚杆施工技术在商业综合体项目中的实践表明,科学规范的工艺控制是保障工程质量的核心要素。通过实施场地平整压实、材料性能复验、设备参数调试等前置措施,构建了完善的施工准备体系。检测数据显示,经压力补浆处理后,全部锚杆满足抗拔承载力要求。该工程验证抗浮锚杆施工技术,在复杂水文地质条件下的适应性,其质量控制经验可为同类项目提供技术借鉴,推动抗浮技术向标准化、精细化方向发展。

参考文献

- [1] 夏宗军, 陈志飞 A, 刘春利, 等. 新型全黏结预应力抗浮锚杆施工技术的研究与应用 [J]. 工程建设, 2025, 57(03): 50-54.
- [2] 葛凯, 袁天晋, 高鹏, 等. 复杂地质条件下预应力抗浮锚杆施工技术研究与应用 [J]. 中国设备工程, 2025, (04): 218-220.
- [3] 李冲高. 基于大粒径卵石层的高效潜孔锤抗浮锚杆施工技术与应用 [J]. 建筑科技, 2024, 8(11): 157-160.
- [4] 朱忠钱. 岩土工程中抗浮锚杆施工技术的研究与分析 [J]. 居舍, 2023, (36): 67-70.