

复合抗浮锚杆在建筑深基坑支护中的应用

褚晓香

中国电建市政建设集团有限公司 天津 300380

【摘 要】：本文以某居民回迁安置居住区工程为例，系统分析复合抗浮锚杆在建筑深基坑支护中的应用。文章先结合工程实际情况对复合抗浮锚杆的设计情况进行详细分析，复合抗浮锚杆设置的目的在于抵抗地下水浮力及增强基坑支护结构的耐久性；然后进一步分析复合抗浮锚杆施工中的相关工艺技术要点，包括锚孔定位、钻孔清孔、预应力筋组装制作及安放、注浆、底板施工、锚杆张拉锁定、锚头混凝土浇筑等各环节的施工工艺和方法，以期为类似建筑深基坑支护工程提供参考。

【关键词】：复合抗浮锚杆；深基坑支护；施工工艺

DOI:10.12417/2811-0536.25.11.036

引言

在建筑工程中，深基坑的抗浮问题直接关系到建筑物的结构安全与稳定性。

如果没有做好有效的基坑支护处理,在施工中可能出现建筑物上浮、开裂甚至倒塌等严重问题。抗浮锚杆作为一种有效的抗浮措施,凭借其施工便捷、成本较低、承载能力强等优势,在深基坑工程中得到广泛应用^[1]。因此,做好相关技术要点的研究对于确保建筑工程施工安全和施工质量具有重要意义。

1 基本概况

某居民回迁安置居住区工程共有三块土地组成，其中 A-2 地块，总建筑面积：77842.06m²，1#-6#住宅楼，26 层剪力墙结构/2.9m 层高；B 地块总建筑面积：92382.35m²，1#-7#住宅楼，26 层剪力墙结构/2.9m 层高；C 地块社区服务中心，总建筑面积：19266.41m²，框架、剪力墙/地上 5F，地下 1F/4.5m 层高。

建设内容包括：地库（人防/非人防）、住宅工程（含底部商业）、公共建筑（门卫、电变电站、开关站、水泵房、公共活动中心）、商业建筑的土建、电气、给排水、消防电、消防水、通风安装工程，以及室内外工程的围墙、道路、管网、消防水安装工程。

（本项目的施工范围不含电梯、室外工程的强电、市政供水、景观绿化（含路灯）、三网、广电、技防）。

2 抗浮锚杆设计情况分析

2.1 设计目的

抗浮锚杆的目的是抵抗建筑物由于受地下水的作用而产生的向上的浮力;防腐处理的目的是防止锚固体系钢材锈蚀,提高抗浮锚杆耐久性。抗浮锚杆的布置情况详见图 1。

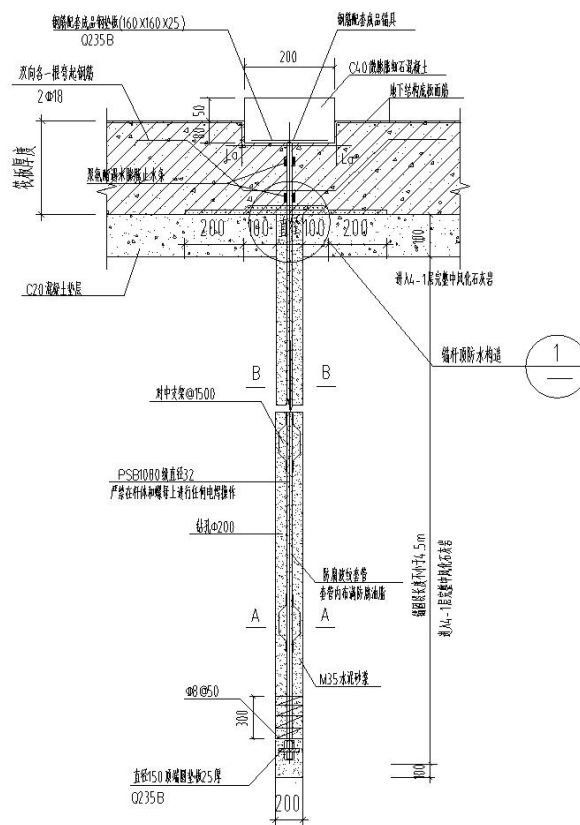


图 1 抗浮锚杆基本构造图

2.2 抗浮锚杆结构设计的主要参数

(1) 锚杆体采用钢筋 PSB1080 32 的预应力螺旋钢筋。

屈服强度标准值 $f_{pyk}=1080\text{N/mm}^2$

抗拉强度设计值 $f_{py}=770\text{N/mm}^2$

A、锚具：张拉端采用 M32 配套全封闭防腐锚具体系，锚具，夹片的硬度及静载锚固性能须满足《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T14370-2015^[2]和《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》

JGJ85-2010 的规定^[3], 并提供生产厂家质保书或合格证。

B、橡胶止水环: 基础底板厚度范围内缓粘结预应力钢绞线安装两道止水环, 遇水膨胀, 隔绝地下渗水。

C、本工程锚杆类型为压力型预应力锚杆, 抗浮锚杆的耐久性年限不低于 50 年。

- (2) 杆体定位支架采用定型塑料支架。
- (3) 注浆采用 M35 水泥砂浆。
- (4) 锚杆成孔直径为 $\geq 200\text{mm}$ 。
- (5) 杆体主筋保护层厚度不应小于 50mm。

3 复合抗浮锚杆施工工艺及施工方法

复合抗浮锚杆施工主要按照以下流程进行: 锚孔定位→钻孔清孔→预应力筋组装制作及安放→砂浆制备→一次注浆→二次高压注浆→底板施工→锚杆张拉锁定→锚头混凝土浇筑。文章对各环节的施工工艺要点及方法进行了深入分析。

3.1 锚孔定位

根据设计图纸确定施工区域内锚孔坐标, 利用 GPS 进行锚孔定位, 定位完成后用钢钉做好标记并利用水准仪测量孔位处标高, 并形成记录。锚孔定位完成后各点位放置标牌(编号、地面高程、孔径、孔深)。

3.2 钻孔清孔

锚杆钻机就位时应准确, 底座应垫平, 钻杆的倾斜角度应用罗盘校核, 角度偏差不大于 2°, 高差不超过 30mm。施钻时钻头要对准锚杆孔孔位标识下钻, 最大孔位偏差不得大于 20mm, 初始时应用小功率缓慢钻进, 钻进约 500mm 后, 校正钻孔方向, 全功率钻进。为了准确控制钻孔的角度, 在施钻时要由当班技术员用地质罗盘控制钻杆方向, 使钻孔角度偏差控制在 2°以内。钻孔深度通过在钻杆上所作标记控制, 要求钻孔深度不小于杆体有效长度, 并不大于设计孔深 100mm。锚杆钻机钻进过程中, 如遇夹层需及时在标牌上记录夹层起始深度及厚度, 以便及时调整钻孔深度确保锚固段入岩深度, 钻机钻进速度为 0.3~0.5m/min, 退出速度为 0.5~0.6m/min。

钻孔完成后清理孔周围杂物利用空压机高压送风清理干净孔内残渣并对孔口进行封堵避免杂物掉落。清孔完成后测量孔深并整理该孔位参数, 准确填写锚孔标牌(孔位编号、孔顶高程、夹层土开始深度、夹层土厚度、入岩深度、自由段深度等数据)。

3.3 预应力筋组装制作及安放

3.3.1 预应力筋制作

- (1) 严格按现场实际孔深数据下料, 杆体长度允许误差为 50mm。
- (2) 组装前应清除钢筋表面的油污和膜锈。
- (3) 锚杆制作长度应为现场实际孔深加结构层厚度及锚固端长度。
- (4) 精轧螺纹钢筋应采用砂轮切割机, 严禁采用电强切割或氧气切割, 精轧螺纹钢筋接长应采用专用等强度连接器连接。
- (5) 制作钢筋长度应考虑张拉时钢筋需要外露出张拉螺母的钢筋长度应满足张拉设备需要。张拉后多余预应力螺纹钢筋应切除, 剩余预应力螺纹钢筋高出螺母长度不小于 30mm。非张拉端(即下端)钢筋外露出螺母的长度为 40mm。
- (6) 严禁对螺纹钢筋、螺母焊接或点焊。
- (7) 预应力筋准备完毕后, 将预应力钢筋套入合适长度波纹管中, 并在波纹管管道内注入润滑油脂。
- (8) 按照图纸要求采用铅丝绑扎中支架钢筋, 间距为 1.5 米, 并固定注浆管。

3.3.2 预应力钢筋安放

- (1) 锚杆制作完成后, 下锚前检查注浆管有无破裂或堵塞, 接口处是否牢固。
- (2) 结合设计的杆体长度和现场实际, 本工程采用塔吊将锚杆吊入孔中, 安放时避免锚杆扭曲、弯折及部件松脱。下锚过程中若遇杆体无法下至孔底时应将杆体拔出并用钻机重新扫孔后再下锚。
- (3) 杆体下至孔位后应测量顶部标高并做记录, 保证整体平整, 以防杆体在混凝土底板中的锚固长度不够或影响混凝土底板受力钢筋的安放。

3.4 砂浆制备

- (1) 砂浆制备前确认施工现场沙、水泥、减水剂、水等检验合格并准备充足;
- (2) 按照砂浆施工配合比单及灰浆搅拌机容量参数, 称重确定各材料重量(水泥: 砂: 水为 1:1.5:0.45)。
- (3) 先将砂、水泥充分搅拌均匀后再加入拌和水, 减水剂可加入拌和水中混合后加入拌合物中继续搅拌 1~2 分钟。

3.5 一次注浆

砂浆制备检查合格后进行一次注浆, 注浆采用孔底返浆法, 导管一端与杆体注浆管连接, 另一端与压

浆泵连接,导管采用 $\Phi 25\text{mm}$ 的PVC管。采用常压泵送方法注浆,注浆前不得拔出注浆管,以保证锚杆底端注浆充实。首次注浆量以孔口溢出浆液为准;注浆作业应连续进行,注浆管要边注边拔,拔管高度不超出孔内浆液面。砂浆应在初凝前用完,随伴随用^[4]。

3.6 二次高压注浆

二次高压注浆是确保抗浮锚杆锚固效果的关键工序,需在一次注浆完成后4~8小时内开展,此时一次注浆的砂浆初步凝结但尚未完全硬化,能为二次注浆的浆液渗透提供有利条件。若间隔时间过短,一次注浆的砂浆未形成基本结构,易因二次注浆压力导致浆液混合稀释,影响锚固强度;若间隔时间过长,砂浆完全硬化会阻碍二次浆液渗透,降低注浆效果。

本工程严格采用“二次注浆”工艺,一次注浆压力控制为 1MPa ,此压力能保证砂浆均匀填充锚孔底部及周边缝隙,为二次注浆奠定基础。二次注浆压力需达到 1.5MPa 以上,并在此压力下稳压5分钟,高压作用可促使浆液进一步渗透至锚孔周围的岩层裂隙中,形成更密集的锚固体系,增强锚杆与地层的粘结力。稳压过程中,需安排专人实时监测压力仪表,确保压力稳定在规定范围内,避免因压力骤降导致锚固不密实。

二次注浆材料选用水灰比为0.5的纯水泥浆,该配比的水泥浆流动性好、渗透性强,能有效填充一次注浆后可能存在的空隙。注浆前需对水泥浆进行稠度检测,确保其符合施工要求;注浆过程中,采用连续泵送方式,避免中途停泵造成管道堵塞;注浆结束后,及时清理注浆设备,防止水泥浆凝固堵塞管道,为后续施工做好准备。

3.7 底板施工

抗浮锚杆注浆完成后,需等待28天龄期或砂浆强度达到设计强度的100%,方可进行拉拔试验。拉拔试验是验证锚杆抗浮性能的重要环节,试验前需检查试验设备是否经过标定,确保数据准确可靠。

试验时,按照规范要求分级加载,记录锚杆的位移量及荷载变化情况,若试验结果满足设计要求,方可进入地库底板混凝土施工阶段。底板混凝土施工前,需对筋体遇水膨胀胶条的安装质量进行全面检查。检查内容包括胶条的规格型号是否符合设计要求、安装位置是否准确、接头处是否密封严密等,确保胶条能有效阻挡地下水渗透。

同时,按照图纸要求在底板钢筋上固定钢垫板,钢垫板采用Q235B材质,规格为 $160\times 160\times 25\text{mm}$,

固定时需保证垫板平整、牢固,与钢筋连接紧密,避免在混凝土浇筑过程中发生位移,影响锚杆与底板的连接效果。底板混凝土浇筑采用分层连续浇筑方式,振捣过程中需注意避开锚杆位置,防止振捣棒触碰锚杆导致其变形或位移。混凝土浇筑完成后,及时进行覆盖养护,养护时间不少于14天,确保混凝土强度稳步增长,为后续锚杆张拉锁定提供坚实的基础^[5]。

3.8 锚杆张拉锁定

待底板混凝土强度达到设计强度100%以后且后浇带浇筑前进行等荷载张拉。

张拉程序采取如下:先取10%预定轴向力进行预张拉,使各部位紧密接触。张拉时按 220kN 的10%逐级加荷,每级荷载的观测时间在5min以上,并待变形稳定后方可进行下一级荷载的张拉,达到 220kN 并稳定10min后,用专用锚具对预应力筋进行锚定。张拉锁定前要经过专业标定,并将油压表的读数换算成张拉压力进行控制。

在锁定过程中,采用锚杆锁定承载力进行校核,即锚杆按锁定承载力110%张拉持载10min后按预定承载力的110%进行锁定。

3.9 锚头混凝土浇筑

预应力钢筋张拉锁定完成后,首先需切除多余的预应力筋,切割时采用砂轮切割机,严禁使用电焊或气割,避免高温对钢筋性能造成影响。切割后,剩余预应力筋高出螺母的长度应不小于 30mm ,以满足锚固要求。锚头模板支立需严格按照图纸尺寸进行,模板采用定型钢模板,确保其刚度和稳定性,防止浇筑过程中发生变形。支模前,清理模板内的杂物、灰尘等,并用清水将模板内侧洒水润湿,避免混凝土浇筑后因模板干燥吸收水分而出现蜂窝、麻面等缺陷。

锚头混凝土采用C40微膨胀细石混凝土,该混凝土具有补偿收缩的特性,能有效防止混凝土硬化过程中产生裂缝。浇筑前,检查混凝土的坍落度和易性等指标,确保其符合施工要求;浇筑时,采用人工振捣方式,振捣棒插入间距不大于 300mm ,振捣时间以混凝土表面出现浮浆、不再下沉为准,确保混凝土密实。

混凝土浇筑完成后,及时覆盖塑料薄膜进行养护,养护时间不少于7天,期间保持混凝土表面湿润。养护结束后,拆除模板,检查锚头混凝土的外观质量,若发现蜂窝、孔洞等缺陷,需采用同强度等级的微膨胀混凝土进行修补,确保锚头的防水性能和结构强度满足设计要求。

3.10 锚杆验收

锚杆施工完成达到强度后进行验收试验,本工程锚杆施工完成后,应在注浆体满28d龄期或注浆体强度达到设计强度的90%后进行验收试验,验收试验的数量为总根数的5%,且不少于6根,验收试验的最大荷载为抗拔力特征值的2.2倍。锚杆应按锚杆锚固质量抽检要求进行全长粘结杆体长度和锚固密实度检测整体锚杆检测抽样率不低于10%,且每批不少于20根,抽检锚杆的不合格率大于10%时,应对未检测的锚杆加倍抽检。锚杆张拉采用等荷载张拉,锁定荷载

为200KN,在地板后浇带封闭前锁定。锚杆防水及防腐措施施工完毕后应全数检查。

4 结语

复合抗浮锚杆能够有效抵抗地下水浮力,确保建筑结构安全。在具体工程建设中,除了要做好抗浮锚杆的设计外,更需要加强各环节施工技术要点的控制,如二次高压注浆的时间控制、底板施工与锚杆强度的匹配等环节的质量控制,并做好质量检验,及时排查和处理施工中的质量问题,切实保证施工质量的合格达标。

参考文献:

- [1] 杨维.复合抗浮锚杆在建筑深基坑支护中的应用[J].住宅与房地产,2025,(02):113-115.
- [2] 王骥,向阳,雷增威.住宅建筑地下室底板抗浮锚杆施工技术要点剖析[J].居舍,2024,(30):45-48.
- [3] 杜仕帅,谭佳豪,罗思维,等.抗浮锚杆关键工艺应用研究[J].住宅与房地产,2023,(05):199-201.
- [4] 周长喜.抗浮锚杆在建筑地下室工程施工中的应用[J].江西建材,2022,(12):346-348.
- [5] 吴鑫泷,张斌,王永健.建筑抗浮技术中抗浮锚杆的设计和选择[J].低碳世界,2022,12(08):103-105.