

桩锚支护结构在北京某科技大厦工程中的应用

马永琪, 吴世海, 高德慧, 周国龙

(中航勘察设计研究院, 北京 100086)

摘 要:阐述了深基坑支护结构变形控制的一种设计思想, 介绍了长螺旋钻机注浆成孔并采用混凝土泵直接用于水下灌注混凝土的施工工艺, 以及基坑开挖过程中出现的问题和处理措施。

关键词:护坡桩; 锚杆; 泥浆护壁; 水下灌注; 变形监测

中图分类号: TU 472 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-3746(2001)S1-0064-03

1 工程概况

北京某科技大厦位于北京市海淀区, 拟建工程为地下 2 层、地上 24 层, 拟采用筏板基础。基坑深度为 14.70 m, 地表标高为 50.92~51.40 m。该基坑西侧、北侧为马路, 东侧为 24 层的 C 座住宅楼, 南侧为 24 层的 A 座、B 座 2 栋住宅楼。紧贴边坡西侧有电缆沟, 南侧有煤气管道。基坑支护本着保证相邻建筑物、道路及地下管线安全的宗旨, 可靠经济地对基坑进行支护。工程场地周围环境如图 1 所示。

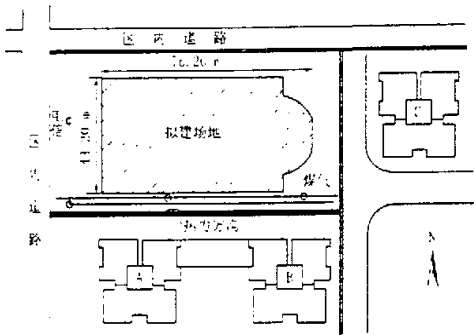


图 1 拟建场地周围环境

2 工程地质条件

根据岩土工程勘察报告可知, 地表表层为人工填土, 其下均为第四系冲洪积的粘性土、砂类土及卵石层。地下水属潜水型, 勘察期间稳定水位埋深为 1.8~5.5 m, 绝对标高为 45.50~50.06 m。对基坑有影响的主要土层的物理力学性能指标列于表 1。

表 1 岩土物理力学性能指标

层序	土层名称	γ /($\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$)	c /kPa	φ /($^\circ$)	层厚 H /m
①	杂填土层	19.0	10	15.0	1.1~2.6
②	粘质粉土	20.1	19	30.3	2.5~4.3
③	细砂	19.6	0	35.0	0.5~1.0
④	粉质粘土	19.8	25	17.6	5.5~7.6
⑤	卵石	19.0	0	42.0	7.0~7.5

3 基坑降水设计简介

根据场地水文地质条件和基坑开挖的要求, 降水的目的层主要是上 2 层潜水, 潜水含水⑤层的渗透系数远大于潜水含水层的渗透系数, 且静止水位低, 因此, 采用了抽降和自渗相结合的降水方案。

管井沿基坑开挖线布置, 轴线距基础外墙 2.6 m, 对基坑形成封闭降水。共设管井 28 口, 基坑中心另布设 2 口观测井。

降水井参数: 孔径 600 mm, 平均间距 8.50 m, 井深 20.0 m; 滤水管采用预制多孔无砂混凝土滤管, 内径为 300 mm, 外径为 400 mm; 滤料采用 2~10 mm 级配圆砾; 抽水采用 6.0 m^3/h 潜水泵, 扬程 < 25 m。

4 基坑支护方案

根据本工程特点, 基坑支护采用护坡桩加锚杆支护方案, 护坡桩桩顶下卧 2.50 m, 桩顶设挡土墙, 采用 370 mm 厚的砖墙加抗弯构造柱砌至地面。

4.1 分析计算

采用库伦理论进行土压力计算。

主动土压力:

收稿日期: 2001-05-30

作者简介: 马永琪(1963-), 男(汉族), 河北人, 中航勘察设计研究院总工办副主任, 高级工程师, 水文地质工程地质专业, 从事技术质量管理工作, 北京市 2411 信箱, (010)62547722-2223。

$$K_a = \cos^2 \varphi / (\sqrt{\cos \delta} + \sqrt{\sin(\varphi + \delta) \sin \varphi^2})$$

被动土压力:

$$K_p = \cos^2 \varphi / (\sqrt{\cos \delta} - \sqrt{\sin(\varphi + \delta) \sin \varphi^2})$$

式中: φ —各土层的内摩擦角; δ —桩土间摩擦角。

考虑到邻近建筑物的地下室埋置深度,将锚杆设在 -7.0 m 处,按一道锚杆进行设计,采用分段等值梁法,计算出锚杆的抗拉力及护坡桩的嵌入深度、最大弯矩,考虑到地下煤气管道和电缆对边坡变形的敏感,在桩顶冠梁处增加一道少量的辅助锚杆(见图 2)来控制变形。

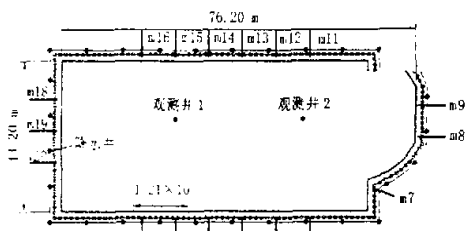


图 2 第一道锚杆布置示意图

4.2 设计结果

(1)护坡桩:桩径 600 mm,桩中心间距 1.21 m,桩长 14.5 m,嵌入深度 2.8 m;主筋 8 Φ 22,通长不均匀配筋,临坑面 5 Φ 22,临土面 3 Φ 22,构造配筋 2 Φ 18;加强箍筋 Φ 14@2000(设在主筋外);螺旋箍筋 Φ 6.5@200;桩身砼强度等级采用 C25。

(2)锚杆:第一排锚杆位于桩顶冠梁处,第二排锚杆位于桩顶下 4.5 m,按“二桩一锚”布置,间距为 2.4 m,锚杆体选用 d15 预应力钢绞线,抗拉强度标准值: $f_{pk} = 1860$ N/mm²。锚杆注浆采用 425 普通硅酸盐水泥浆,水灰比 0.45~0.55。

第一排锚杆长度 18.0 m,自由段长度为 5.0 m;第二排锚杆长度 23.0 m,自由段长度为 5.0 m。

第一排锚杆 2 根 d15 钢绞线;第二排锚杆 3 根 d15 钢绞线。

第一排锚杆拉力 $N_1 = 200$ kN,锁定 200 kN;第二排锚杆拉力 $N_2 = 350$ kN,锁定 350 kN。

(3)锚具:QM15-3 型。

(4)护坡桩顶冠梁:冠梁的作用是增加基坑支护结构的整体性,设计冠梁的截面为 600 mm $\times$ 400 mm,配主筋为 6 Φ 22,箍筋为 Φ 6.5@200。采用 C25 砼。采用 2 根 22b 工字钢作为锚杆腰梁,承压板为 300 mm $\times$ 300 mm $\times$ 20 mm 的钢板,第一排锚杆直接拉在桩顶冠梁上。

(5)挡土墙:桩顶冠梁上砌挡土墙,采用厚 370

mm 的砖墙。砖墙内设抗弯构造柱,柱截面 370 mm $\times$ 300 mm,间距 3.60 m,配 4 根 Φ 18 钢筋,箍筋 Φ 6.5@200。墙内铺设 4 排拉筋,拉筋 2 Φ 6.5。墙顶设联系梁,截面 200 mm $\times$ 370 mm,配 4 根 Φ 14 钢筋,箍筋 Φ 6.5@200。构造柱和冠梁砼为 C25,砼保护层厚度 2.5 cm。

5 基坑支护施工

(1)由于场地狭小,降水井与护坡桩轴线间距仅 1.0 m,为保证降水井质量,必须先施工护坡桩。

(2)由于地下水位很高,护坡桩钻孔需泥浆护壁,为了使现场保持文明施工,减少泥浆排放,因而采用长螺旋钻机钻孔,孔底注浆护壁。

(3)为了保证水下灌注混凝土质量和提高施工效率,采用混凝土泵连接导管灌注工艺。

5.1 护坡桩施工工艺

工艺流程为:定位桩→长螺旋钻机就位→钻进至设计孔深→提钻杆,同时孔底注浆→吊放钢筋笼→下导管并与混凝土泵连接→灌注混凝土,同时收集泥浆循环使用→灌注至设计桩顶,拆卸并冲洗导管。

(1)钻孔。采用 DJB-25 型步履式长螺旋钻机,钻杆叶片外径 570 mm、长度 18.0 m,主动力采用 55 $\times$ 2 kW 电机。钻进时,0~11 m(粘性土层)需要 10 min,11~17.5 m(卵石层)需要 30~50 min,遇到大卵石卡钻,钻杆极难提升,并导致施工进度缓慢。经研究采取了 2 项措施:①钻进到卵石层顶部时,回转并提升钻杆,将包裹钻杆的土去除,再下钻;②在卵石层中钻进,保持缓慢匀速进尺,遇到大卵石卡钻时,更换为大功率振冲动力头,边震动边提钻杆。这些措施效果很好,施工进度成倍提高。

(2)压灌泥浆。钻孔深度达到设计要求后,采用注浆泵、高压胶管连接钻杆顶部,通过空心钻杆从钻头处向孔内注浆,边注浆边提钻杆,提钻杆速度与注浆速度相一致,注浆高度一般控制在地下水位的位置,以维护孔壁的稳定。

(3)加工钢筋笼。钢筋笼主筋采用搭接焊,焊接长度单面焊 10d(d 为主筋直径),主筋与箍筋采用火烧丝绑扎。加强箍筋在主筋外,并与主筋焊接牢固,吊放时钢筋笼有方向性,不能有差错。

(4)水下砼灌注。按水下砼灌注工艺要求进行施工。开始灌注施工时常发生堵管,经查原因,是由于混凝土供应有间歇,造成输送管内有空气,再泵送混凝土时,管内产生气阻而堵管,后在弯头处设排气孔解决了此问题。

混凝土泵直接进行水下灌注混凝土,具有速度快,质量好,灌注高度易控制等优点。但对于非通长配筋的桩,在灌注时由于混凝土流速大,应特别注意钢筋笼上浮问题。

5.2 锚杆施工工艺

施工流程为:钻孔定位→杆体制作→钻孔→杆体安装→注浆→养护→安装腰梁→锚头部位制作及安装→锚杆试验→张拉锁定。

(1)土方开挖至锚杆设计标高下 0.5 m 时进行施工,采用水准仪进行锚杆定位放线。

(2)使用工程锚杆钻机进行成孔,罗盘测定钻机倾角后才能施工。

(3)加工锚杆体。杆体导向采用专门的导向器,杆体上每隔 1.5 m 设置一个隔离架,杆体自由段用塑料管包裹,与锚固段相交处的塑料管口应密封并用铅丝绑扎紧。

(4)锚固体采用水灰比 0.45 的素水泥浆,注浆时孔口端部应进行封口,注浆压力 0.2~0.5 MPa,水泥浆初凝后补浆。

(5)腰梁安装。腰梁 2 根 22b 工字钢,安装时吊线,以保证腰梁在一条直线位置上,使其均匀受力,腰梁应与护坡桩柱面接触紧密。

(6)锚杆锚头部位设置台座,其承压面平整且与锚杆的轴线方向垂直,待浆体强度达到 15 MPa 后进行张拉、锁定。

6 护坡桩变形监测及问题处理

护坡桩施工的同时,在各边坡设立了测斜孔,自基坑开挖至护坡桩施工变形稳定,每个孔都取得了 32 组数据。

随基坑开挖深度的增加,其桩身各段位移随之增加,基坑开挖到设计槽底标高后的 2 周内,东、西、北三侧边坡变形趋于稳定。

南侧边坡西段在收马道后,变形速率加大,侧向位移值达到 50 mm,地表沉降达到 40 mm,第二道锚杆的腰梁及承压板有的已发生变形。

6.1 变形原因

(1)距边坡 5.0 m 处有一个 $\varnothing 1.0$ in (25.4 mm) 自来水管出口,自施工开始就不断渗水,而地表下 5.0 m 内是各种管线,上部回填土不密实,使土层含水达饱和状态,基坑开挖后,一直从桩间土中向外渗水,不仅增加了水压力,又降低了土层的 c 、 φ 值。

(2)收马道时,挖掘机将南侧边坡西段的几个锚具外露的钢绞线碰弯,个别夹片松动,使个别锚杆作

用减小。

(3)收马道后半部分时,使用 45 t (450 kN) 吊车从槽底向槽外吊运,吊车又支放在基坑南侧,支腿距槽边最近只有 0.5 m,时间达 2 周,巨大的附加荷载集中在 4 个支点上。

(4)桩顶之上 2.5 m 是 370 mm 厚的砌砖挡土墙,抵抗变形能力较差。

6.2 加固措施

南侧边坡西段变形不断增大,直接威胁到基坑的稳定和煤气、电信、热力管道的安全,因此对支护结构及时采取了加固措施:

(1)首先立即封住自来水管,在挡土墙后挖槽卸荷;同时采用 $\varnothing 127$ mm 无缝钢管在槽内对护坡桩进行斜支撑,保证基础底板正常施工。

(2)搭设施工平台,在护坡桩冠梁下 1.0 m 处补加锚杆,锚杆长 18.0 m,两桩一锚,锁定荷载 250 kN。

(3)加强变形监测。

南侧边坡西段经补加锚杆加固后,变形趋于稳定,并逐步撤除斜支撑钢管(见图 3)。

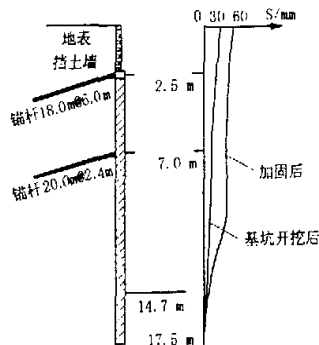


图 3 南侧支护结构纵向各点位移图(2号侧斜孔)

7 结语

(1)本工程护坡桩施工所采取的施工工艺为钻孔灌注桩在高水位地层中施工积累了经验,混凝土泵直接用于水下混凝土灌注,不仅节约工期、有效减少泥浆排放,而且质量能够得到保证,解决了传统施工工艺的导管堵塞、频繁拆卸等问题。

(2)长螺旋钻机在卵石层中钻进,卡钻是不可避免的,而换用振冲动力头来处理是一种有效的方法。

(3)长螺旋钻机注浆护壁施工,必须考虑对降水井可能造成的影响,施工顺序的安排至关重要。

(4)有效的变形监测手段和信息的及时传递是基坑支护工程的重要环节,一旦出现异常情况,加固措施和实施步骤也同样重要。