

武警湖北省总队团职楼深基坑设计与施工

陈飞^{1,2}, 黄晓琴²

(1. 中国地质大学(武汉), 湖北 武汉 430074; 2. 江西省地质工程总公司, 江西 南昌 330029)

摘要:针对武警湖北省总队团职楼深基坑极为复杂的地质条件和周边环境,采用桩锚、锚喷网、放坡挂网喷砂和双排粉喷桩的联合支护方案,保证了基坑施工和周边建筑物及地下管线的安全,降低了工程成本,缩短了工期,取得了很好的经济效益和社会效益。

关键词:复杂地质条件;深基坑支护;桩锚支护;粉喷桩;锚喷网

中图分类号:TU473.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2008)10-0036-03

Design and Construction of Foundation Pit Retaining for Hubei Provincial Armed Police Corps Regimental Commander Building/CHEN Fei^{1,2}, HUANG Xiao-qin² (1. China University of Geosciences, Wuhan Hubei 430074, China; 2. Jiangxi Geo-engineering General Corporation, Nanchang Jiangxi 330029, China)

Abstract: Because of complicated geological conditions and neighboring environment in the site of foundation pit of Hubei Provincial Armed Police Corps Regimental Commander Building, combined supporting method was adopted with pile anchor retaining, dry jet mixed pile and anchor wire mesh in shotcrete, so safety was ensured for construction of deep foundation pit, surrounding buildings and underground utilities. Economic and social benefits were achieved with lower cost and shorter construction period.

Key words: complicated geological condition; deep foundation pit retaining; pile anchor retaining; dry jet mixed pile; anchor wire mesh in shotcrete

1 工程概况

武警湖北省总队团职楼位于武汉市武昌区雄楚大道尤李东龙港小区,该工程主楼为22层,裙楼2层,设1层地下室,地下室底板标高4.2m,拟建主楼面积25000m²,框架剪力墙结构,高度70m,安全等级为一级。

本工程基坑东侧距检察院3层办公楼11.0m,南侧距8层宿舍楼10.8m,西侧距加油站9.2m,北侧距雄楚大道20.0m,距3层检察院办公用房最近处11.0m,西侧距已有6层建筑物最近处7.0m。基坑西侧、北侧各埋有一煤气管道、市政管线,距基坑边线分别为4.1、9.0m。

2 工程地质条件与水文地质条件

2.1 工程地质条件

该场地地貌单元属长江Ⅲ级阶地,场区所分布的地层表层为杂填土层,其下为第四系上更新统冲积的粘性土层及二叠系灰岩。场区内地层分层为:①杂填土(Q^{ml});②粉质粘土(Q₄^{al+pl});③粉质粘土(Q₄^{al+pl});④粉质粘土(Q₄^{al+pl});⑤粘土(Q₃^{al+pl});⑥

红粘土(Q₃^{al+pl});⑦灰岩中风化(P)。开挖区内场区土层的主要指标如表1所示。

表1 基坑边坡支护结构设计参数表

| 层序及层名 | 平均厚度 /m | 重度 γ /(kN·m ⁻³) | 粘聚力 c_k /kPa | 内摩擦角 φ_k /(°) |
|-------|------------|---------------------------------------|-------------------|--------------------------|
| ①杂填土 | 1.2 | 18.0 | 8.0 | 16.0 |
| ②粉质粘土 | 0.8 | 20.1 | 28.0 | 15.0 |
| ③粉质粘土 | 2.3 | 19.6 | 15.0 | 7.0 |
| ④粉质粘土 | 1.8 | 20.1 | 26.0 | 14.0 |
| ⑤粘土 | 4.6 | 20.3 | 30.0 | 15.6 |

场区地下水主要为赋存于杂填土中的上层滞水,受大气降水及生活排水的补给,以蒸发及地下径流的形式排泄,其水量有限,无统一水位,场区上层滞水静止水位埋深在地表以下1.2~1.6m之间。

3 基坑设计总体思路及优化设计

本工程地处繁华市区,施工场地狭小、工期要求紧、周边环境极其复杂。综合基坑周边环境条件、坑壁土体情况,本着“安全、经济、高效”的原则进行基坑设计。

3.1 支护体系的优化选择

收稿日期:2008-03-20; 改回日期:2008-06-17

作者简介:陈飞(1969-),男(汉族),湖南邵东人,中国地质大学(武汉)博士在读,江西省地质工程总公司武汉公司经理、高级工程师,探矿工程专业,从事地基与基础工程的技术与管理工,湖北省武汉市硚口区幸福一村25号三楼江西省地质工程总公司武汉公司(430030),chen-fei1025@tom.com。

为了寻求最佳支护体系模式,我们结合本工程的特点对多种支护体系进行了计算,并作了技术、经济分析比较。

(1)放坡挂网喷砼:适用于填土、粘性土,支护深度 >6 m,采用此种方案支护工期短、造价低,但本工程因场地限制不允许大面积放坡,因此,此方案仅考虑用于基坑上部 1.5 m 范围内放坡以节省工程造价。

(2)锚喷支护:适用于填土、粘性土层,造价低、工期较短,在本工程中 AB、BC 段经验算用此方案可确保基坑安全,但其它地段因邻近建筑物、加油站距离太近,不宜采用此方案。

(3)粉喷桩支护:工期短、造价低,经验算在 DF 段可以采用双排粉喷桩作为支护桩,其它段采用粉喷桩支护不能满足基坑变形要求。

(4)钻孔桩加喷锚混合支护:该技术十分成熟,能确保基坑安全,对土方开挖和地下结构施工无妨碍,但造价较高。若整个基坑都按此方案设计,基坑工程造价将达 612 万元。

(5)管桩加喷锚桩混合支护:能有效控制基坑变形,工期短、造价低,本工程中 HGF、CD 段宜采用此种支护形式,管桩作为支护桩与钻孔灌注桩作为支护桩相比,造价节省 36%。

3.2 基坑支护体系设计

经以上多个支护设计方案的优化选择,根据不同地段采用放坡挂网喷砼、锚喷支护、粉喷桩支护、管桩加喷锚桩支护,基坑工程造价 358 万元,经验算能有效控制基坑变形,所以决定采用多种不同的基坑支护形式进行联合支护,基坑平面布置如图 1。

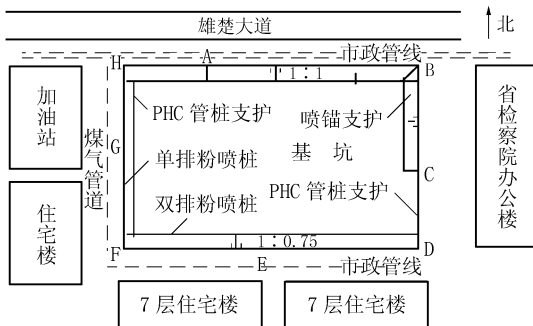


图 1 基坑支护平面布置图

AB、BC 段锚喷网支护,如图 2 所示;CD 段桩锚支护,如图 3 所示;DE、EF 段放坡挂网喷砼和双排粉喷桩支护,如图 4 所示;FG、GHA 段挂钢板网喷射砼和管桩支护,如图 5 所示。

3.2.1 排桩支护

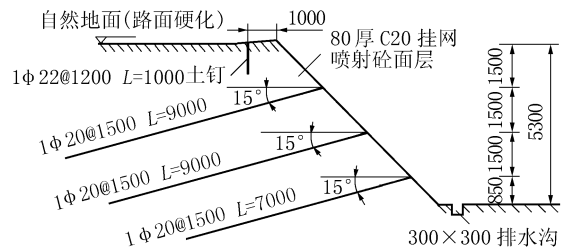


图 2 AB、BC 段锚喷网支护剖面图

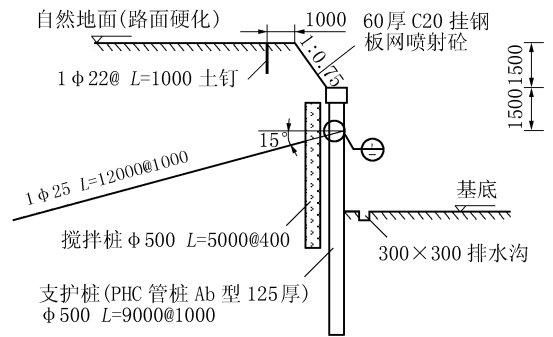


图 3 CD 段桩锚支护剖面图

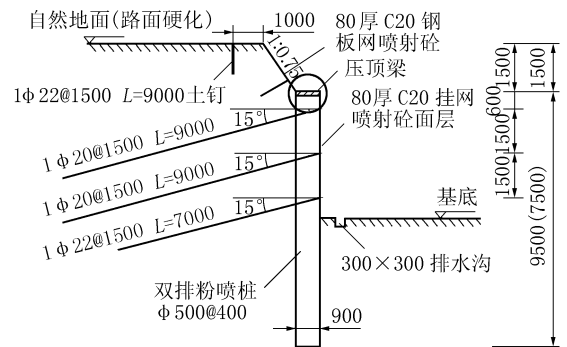


图 4 DE、EF 段桩锚支护剖面图

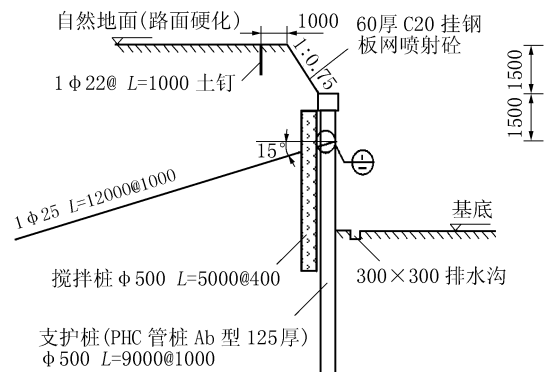


图 5 FG、GHA 段桩锚支护剖面图

采用 PHC Ø500 × 125 (Ab) 型管桩,桩长 9 ~ 10 m,桩顶 -2.0 m,自然地面 -2.0 m 处用 800 mm × 600 mm 的冠梁相连,冠梁主筋 12Ø12,砼 C30,排桩顶部 -15 m 处采用 Ø25 mm 预应力锚杆,长 12 m,并用 16 号槽钢围圈相连通。

3.2.2 放坡挂网喷砼

采用挂钢板网,钢板网用 $\varnothing 16$ mm土钉 $\varnothing 12$ mm压筋固定,土钉间距1500 mm,喷射砼厚度为60 mm,采用32.5普通硅酸盐水泥,掺50%的8604系列速凝剂。

3.2.3 锚喷网支护

锚杆采用 $\varnothing 20$ mm螺纹钢,间距1.5 m,长度7~9 m,钢筋网采用 $\varnothing 6.5@200$ 双向网片,加劲筋为 $\varnothing 16$ mm钢筋,喷射砼厚度为80 mm,喷射C20细石砼,锚杆与加劲筋,钢筋网间均采用点焊,同时采用 $\varnothing 500$ mm粉喷桩双排间距400 mm、长7.5~9.5 m进行支护。

3.2.4 降排水

本工程地下水位较低,采用排、疏、导的方法解决上层滞水的危害,在基坑顶部四周设一条排水沟,疏排地表水,在基坑底四周砖砌排水沟,以便雨后集中排水,防止地下水浸泡坑内土体。

4 基坑支护施工技术措施

根据施工现场情况为保证工期和质量,工程按分项内容分成若干个作业段,平行施工,按等节奏流水线组织有节奏流水施工。为了保证按业主工期要求完成施工任务,首先进行支护桩施工,土方分层开挖、锚杆支护施工,土方分段开挖,分段支护,施工程序为:测量放线→支护桩施工→粉喷桩施工→土方分层分段开挖→支护分层分段施工。

4.1 支护桩施工

施工工序:场地平整→测量放线→预制管桩和粉喷桩同时施工→冠梁施工。

预制管桩机械采用走管式锤击桩机,打桩时用桩机小吊先将预制桩吊入桩机锤头下,对准桩位,调整垂直后,利用桩机自重将预制桩打入土中,然后启动柴油锤锤击桩身,桩段距地面5 m时,再起吊送桩器,对准下桩,后再启动柴油锤锤击桩身,直至将桩锤入至设计桩顶标高。第一节管桩起吊就位插入地面时的垂直度偏差 $\geq 0.5\%$,打桩时桩帽与桩头之间设置弹性衬垫。

粉喷桩使用32.5水泥,水泥掺量 50 ± 5 kg,桩体28天强度 ≤ 1.0 MPa,相邻桩搭接100 mm。

4.2 土方开挖

施工工序:测量放边坡线→测量放坡→土方开挖第一层→待支护完一层后再开挖下一层→开挖至设计基坑底标高→清四周排水沟。

基坑周边土方开挖总体原则:将整个基坑从南

侧向北侧退挖;先开挖基坑周边,再开挖中间岛;坑边分区分层开挖。基坑周边边坡土方开挖必须按分区分层,严禁超挖甚至一挖到底。根据支护设计要求,基坑周边共分3层,开挖深度分别为2 m、1.5 m、至坑底。采用机械开挖时,施工机械不得损坏支护结构,坑底留20~30 cm余土人工清底,坑底挖至设计标高后及时铺设垫层,防止基底土扰动。根据现场情况,设置基坑上下通道,通道表面用砖渣等进行路面硬化。

4.3 喷锚网施工

施工工序:边坡放线→坡顶排水沟→基坑监测工作开始→开挖第一层土→修整坡壁、排水→锚杆钻孔→注浆→铺钢筋网、压网→喷射砼→养护→第二层施工同上层→基坑成形监测。

锚杆成孔在水平方向误差 ≥ 100 mm,垂直方向误差 ≥ 50 mm,钻孔偏斜度 $\geq 3\%$,孔深应超过设计深度0.2~0.5 m。钻孔完成,及时冲孔,安装锚杆。安放杆体时,应防止杆体扭转、弯曲。挂钢筋网的钢筋在使用前必须调直,分段铺设。钢筋网的搭接,采用焊接或绑扎,钢丝网绑扎的搭接长度不得小于30倍钢筋直径,加强筋焊接的搭接长度不得小于5倍钢筋直径。

4.4 应急措施

在基坑开挖前做好详尽的应急方案,如发现边坡土体严重变形,坑顶有连续裂缝且变形有加速趋势,平均连续3天每天的水平位移 > 3 mm时,则应视为整体滑移失稳的前兆,应立即采取紧急处理措施(如坡底反压),待变形稳定后,采取斜撑,或增设一层螺旋锚,或采用高压注浆加锚杆等措施,确保坑壁稳定。

(1)当基坑坑壁上土体过量变形或局部土体产生明显裂缝时可回填压脚,对稳定的坑壁部位采取锚杆加固措施。

(2)当桩锚支护结构变形过大、明显倾斜时,可设置斜撑。

(3)对变形较大的地段,也可加设一层锚杆,以限制其变形。

(4)当坑壁渗水时,应及时增设泄水孔,防止地下水浸泡边坡土体。

5 基坑监测

在基坑开挖过程中,随时监测基坑施工和相邻建筑物的安全以及基坑周围土体施工过程中的动态

(下转第48页)

从而更好地提高泥浆的护壁功效。

经试用确定泥浆配合比为:水:泥粉:纯碱=100:30:0.25。

粘土粉从海口琼山购买,造浆率为 $6\sim 8\text{ m}^3$ 。

成孔过程中,对泥浆的密度、粘度、含砂率等指标作如下控制:密度 $1.2\sim 1.25\text{ kg/L}$,粘度 $19\sim 26\text{ s}$,含砂率 $<4\%$ 。清孔后灌注砼前,密度 $1.1\sim 1.15\text{ kg/L}$,粘度 $17\sim 23\text{ s}$,含砂率 $<4\%$ 。

当泥浆指标超标时,根据不同情况,采用不同方法予以净化改善,直至符合要求为止。

3 旋挖钻机实际施工效果及成本比较

3.1 施工效果

根据旋挖钻机实际完成的钻孔桩,可统计出以下数据:

(1)混凝土充盈系数: $1.12\sim 1.25$,平均充盈系数 1.18 ;

(2)成孔效率:孔深 $35.9\sim 48.4\text{ m}$,平均成孔时间(包括洗孔)约 4.8 h/桩孔 ,每天可完成 $4\sim 5$ 根桩孔作业;

(3)成桩质量:经低应变和高应变等检测桩身质量及孔底沉渣均满足设计要求。

从充盈系数及沉渣情况可知旋挖钻机钻孔的孔壁是稳定的,本工程难点——孔壁稳定性问题得到了有效解决,同时施工工效和质量也是理想的。

3.2 成本比较

本工程除用旋挖钻机施工外,还采用海南省目

前最常用的 SPJ-300 型正循环成孔钻机。据统计,SPJ-300 型钻机平均成孔时间(包括洗孔)约 3 天/桩孔,平均充盈系数为 1.23。

表 1 是 2 种成孔工艺的成孔成本情况,从表 1 可知,旋挖钻机成孔成本仅比 SPJ-300 型钻机高 5% 左右,但其成孔效率是 SPJ-300 型钻机的 10~15 倍。

表 1 旋挖钻机成孔与 SPJ-300 型钻机成孔比较表

| 成孔钻机 | 机械人工费 | 水电费 | 泥浆外运费 | 充盈系数增加费 | 成孔成本 |
|-------------|-----------|-----------|-----------|---------|-----------|
| SPJ-300 型钻机 | C_1 | C_2 | C_3 | C_4 | C |
| 旋挖钻机 | $1.61C_1$ | $0.25C_2$ | $0.60C_3$ | 0 | $1.0525C$ |

注:(1)因充盈系数增加费是以旋挖钻机的充盈系数为计算基准的,故旋挖钻机成孔工艺的充盈系数增加费为 0;(2) $C=C_1+C_2+C_3+C_4$ 。

4 结语

(1)旋挖钻机在厚的砂层施工时可以通过加长孔口钢护筒和改善泥浆性能来达到护壁目的;

(2)与海南省目前最常用的 SPJ-300 型钻机成孔效率相比,旋挖钻机是其 10~15 倍,而成孔成本并没有明显增加,因此旋挖钻机在海南省的应用前景是广阔的。

总之,旋挖钻机在海南东方电厂桩基施工中的应用开创了海南省旋挖钻机施工技术的先河,对推动海南省桩基施工技术的革新有积极意义。

(上接第 38 页)

变化。本基坑工程周边环境十分复杂,邻近加油站、煤气管道,因此基坑开挖前除在临近基坑的建筑物设置沉降观测点外,还对基坑边缘向外 40 m 范围内建筑物设置位移标志、沉降观测标志。

本工程共设置监测点 30 个,各监测点的累计沉降、位移值都小于监测控制标准点,基坑各段累计位移均小于 10 mm,基坑施工过程中对周围建筑物和周边管线无不良影响。

6 结语

武警湖北省总队团职楼基坑周边环境极其复杂,周边有加油站、煤气管道、老住宅楼,基坑在开挖和施工过程中对周边环境无不良影响,位移控制在

允许范围内,说明本工程的设计和施工是成功的。

本基坑工程针对该工程及周边不同环境,因地制宜地采用锚喷网支护、桩锚支护等多种支护结构形式进行动态设计,在基坑施工过程中进行全方位的监测、实现信息化施工,确保了基坑工程施工的安全、经济、可靠。

参考文献:

- [1] 王广超.复合支护结构在基坑支护中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,(3).
- [2] GJ 120-99,建筑基坑支护技术规程[S].
- [3] 编辑委员会.基坑工程手册[M].北京:中国建材工业出版社,1997.
- [4] 尉希成,周美玲.支挡结构设计手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2004.