

西安高新开发区国际商务中心深基坑边坡喷锚支护施工技术

祁恩强

(西北有色地质勘查局 717 总队 陕西 宝鸡 721004)

摘 要 介绍了西安高新开发区国际商务中心深基坑边坡喷锚支护工程设计情况和施工工艺过程。监测结果表明,支护后边坡水平位移及沉降均满足设计要求,达到预期目的,保证了基坑边坡稳定性和基础施工安全。施工实践表明,基坑边坡喷锚支护工艺简单、经济实用,是黄土地区支护工程中有效的技术手段。

关键词 西安高新开发区国际商务中心;深基坑;边坡;喷锚支护;喷射砼;锚杆

中图分类号:TU46⁺3 文献标识码:B 文章编号:1000-3746(2002)S1-0204-04

喷射砼与锚杆支护(简称喷锚支护)已被广泛应用于许多高层建筑基坑边坡支护工程,由于该技术具有能够充分利用土体的自稳能力、结构轻型、施工简单、成本相对低廉等优点,被许多建设单位确定为首选支护方案。近年来,随着建筑业的繁荣与发展,我公司相继承担了多处基础边坡喷锚支护工程设计和施工,取得良好效果。本文就西安高新开发区国际商务中心深基坑边坡喷锚支护设计、施工情况介绍如下。

1 工程概况

该商务中心建筑占地面积约 16000 m²,由 38 层办公楼、30 层住宅楼与多层裙楼组成,3 部分基础为一体。基坑周长 547.4 m,深 12 m,坡角 85°,支护面积 6280 m²。坑北距坑边 5~8 m 处有 6 层和 28 层建筑各一处,该段开挖后距坡面 1.0 m、距坡顶 1.5 m 处悬空外露供暖管道。基础施工时间较长,跨越 2 个雨季,要求支护必须安全,支护安全系数>1.5。基坑平面布置如图 1 所示。

2 工程地质条件

场地地貌为渭河Ⅱ级阶地和其上发育的古河道,土质不一,厚度变化较大,影响边坡稳定性的地层主要是素填土、湿陷性黄土和中粗砂透镜体,尤其在基坑中下部出露的砂层,计算结果表明边坡土体从该层剪切破坏的可能性最大。

地层主要物理力学指标见表 1。

地下水位 10.0 m,渗透系数:Ⅱ级阶地 $K=3\sim$

5 m/天,古河道 $K=8\sim 10$ m/天。

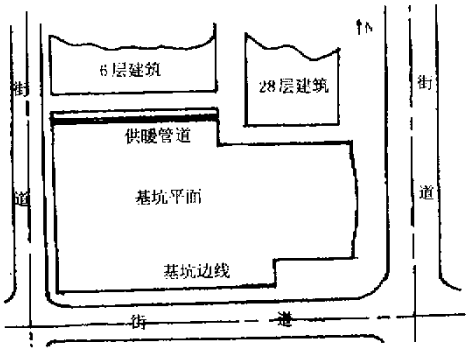


图 1 基坑平面布置示意图

表 1 地层主要物理力学指标

地层	γ /($\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$)	c /kPa	φ /($^\circ$)	q_s /kPa
素填土	18.8	15	10	18
湿陷性黄土	① 19.9	32	20	55
	② 18	30	23	60
	③ 19.5	32	22	55
	④ 19.8	36	23	55
砂	32			

3 支护设计

依据边坡面各主要土层特性、厚度分布情况,将边坡分成 5 段,编制 5 个剖面,以其中最复杂的土层结构面进行支护结构设计,设计采用了理正深基坑支护结构软件(F-SPW),同时考虑了降水引起的沉降对边坡稳定性影响因素。

依据计算结果,支护面布设锚杆 7 排(见图 2),排距为 1.2~1.6 m,锚孔孔距 1.8 m,相邻排间锚孔

收稿日期:2001-02-21;改回日期:2002-01-11
作者简介:祁恩强(1963-),男(汉族),甘肃镇原人,西北有色地质勘查局 717 总队工勘处经理,高级工程师,采矿工程专业,从事岩土工程勘察及岩土工程加固工程。地址:陕西省宝鸡市斗鸡台(0917)8413497 gkc717@163.net。

错位排列,总锚孔 2353 个,锚孔延米 24000 m。锚孔直径 150 mm,入射角 15°。锚杆长 6~15 m,由 2 根 $\phi 16$ mm 螺纹钢制成,其间每隔 2.0 m 用定位板与钢筋焊接,用 $\phi 8$ mm 钢筋焊制中心定位器。锚杆设计内力最大 337.03 kN,最小 3.31 kN。为减小坑面变形,第 5 排为预应力锚杆,锚头为 M27 螺杆,与锚杆焊接后用 PVC 管对螺纹段进行保护,喷砼后用厚 8 mm、宽 250 mm 钢板呈闭合状构成腰梁与锚头套接。喷层终凝后再对锚杆进行张拉,施加应力 80 kN。

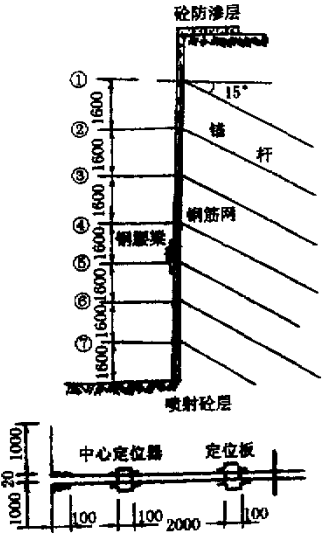


图 2 锚杆分布示意图

墙网用 $\phi 8$ mm 钢筋制成 2 m $\times$ 4 m 网片,网眼 200 mm $\times$ 200 mm,安装时搭接长度 280 mm。

喷射砼标号 C20,配合比为:水:水泥:砂:砾石=0.45:1:2:2,喷层厚度 100 mm $\pm$ 10 mm,误差 $\leq$ 30 mm。钢筋网保护层厚度 $\leq$ 30 mm。坡顶距坑边线 3.5 m 范围作砼防渗层处理。

锚孔灌注水泥素浆,水灰比为 0.5。

为监测边坡变形,沿基坑边布设 18 个观测点,制定了变形报警措施及参数。分布有建筑物的边坡面,在②、③、④、⑤排的锚杆上分别安装了 3 组 JX 应力计,以监测边坡应力变化情况。

4 施工工艺过程

4.1 主要设备

M-50 型锚杆钻机 6 台;PZ-5 型砼喷射机 2 台;YV12/8 型空压机 2 台;J-350 型搅拌机 2 台;注浆机 2 台;YC300 型张拉机 1 台。

4.2 施工过程

采用开挖与支护交替施工,上部施工一次开挖深度为 5 m,以后每次挖掘深度 2 m。

工艺流程:坑面人工修平 $\rightarrow$ 钻孔 $\rightarrow$ 安装锚杆 $\rightarrow$ 锚孔注浆 $\rightarrow$ 挂钢筋网片 $\rightarrow$ 锚头焊接 $\rightarrow$ 喷射砼。

4.2.1 坑面人工修平

修平是支护施工的基础工作,由于机械挖掘形成的坡面凹凸不平,经人工修整的墙面有利于锚孔准确定位、网片安装和喷射厚度控制,且外表美观,有利于支护后的墙面荷载均匀分布。

4.2.2 钻孔与锚杆制作安装

对锚孔进行统一定点放线,锚孔钻进采用螺旋干钻工艺,钻压宜轻,含水量小、比较干燥土层使用较高转速,含水量大、钻屑成软塑状土层使用低钻速。钻进过程中防止进尺太快、排渣不及时造成埋钻事故或锚杆“自攻”钻入土中,终孔时宜空钻排渣后提钻。

锚杆制作较容易,但需注意焊接质量。安装时,通过拉线控制锚头外露长度。锚头与锚头水平焊接连成一体,如图 3。预应力锚杆自由段长 3 m,外套 PVC 管隔离套,锚头在挂网后焊接,喷射砼后安装腰梁,张拉施加设计应力后用螺母锁定。



图 3 锚头水平连接示意图

注浆时将注浆管插入孔底灌浆,边灌边拔。凝固段及时补灌,灌满为止。预应力锚杆灌浆时控制其自由段长度 $\leq$ 3 m。

网片预制成 2 m $\times$ 4 m,网片与网片绑扎连接。为使网片有足够的保护层,挂网后用硬卵石将网片垫离墙面 3~5 cm,每平方米设砼喷射厚度控制标志一个(用 $\phi 8$ mm 钢筋插入边坡墙面,外露 100 mm),便于喷射厚度控制。

局部砂层采用钻孔插筋注浆固结法处理后再喷锚支护。作法:洛阳铲人工成孔,孔径 100 mm,孔深 1.5~2.0 m 400 mm $\times$ 400 mm 梅花型布置,孔中注浆后插入 $\phi 16$ mm 螺纹钢,再对砂层表面喷浇浓水泥浆固结。

4.2.3 喷射砼

4.2.3.1 材料及要求

水泥使用 425 水泥。

中粗砂:干净,细度模数 >2.5 ,级配较好,粗细

适中,含水率控制在 3%~5%;含泥量 $\nless 3\%$,否则会影响骨料与水泥的粘结性。

粗骨料 粒径 $\nless 15\text{ mm}$ 、磨圆度较好的硬质圆~亚圆形、细~中粗砾石,级配良好,含泥量 $\nless 3\%$ 。这样的骨料对喷射机和管路的磨损小,不易发生堵管,拌合的干料具有较好的流动性、粘附性,保证喷射砼有较大的密度。

喷射作业中,保证喂料口振动网规正、完好,防止大于网眼的石子及其它杂物落入料腔。骨料堆放时,要有防雨设施,防止铁屑、钢筋头等混入。

喷射用水与普通砼要求相同,不得使用污水、pH 值 $\nless 4$ 的酸性水和含硫酸盐超标的水。

气温低于 5℃ 时,原材料及水要适当保温或加热处理。

4.2.3.2 拌合与喷射

拌合料时,骨料过磅计量,砂、石误差控制在 $\pm 3\%$,分层堆放,人工拌合,次数不少于 3 次。初次拌合量保证在 2 h 内用完,以后连续拌合,随拌随用。

喷射风量 12 m³/min,风压 0.4~0.6 MPa,水压 0.15~0.20 MPa,油气分离器容量 1.5 m³,喷射管内径 50 mm,耐压 $\nless 0.8\text{ MPa}$,喷射机离喷射面最大水平距离 40 m。

喷射作业分层进行,每层高度 2.0 m。喷嘴垂直受喷面,喷射距离 0.8~1.0 m。喷距过大时,回弹量增大,过小时,回弹量也大,反射飞石易击打喷射手。同一断面喷射由下往上分层进行,喷嘴均匀画圆,左右移动,厚度由薄到厚直至 100 mm 为止。

喷射面与面相接处留有 200~300 mm 过渡区,由厚渐变薄,使相接自然平整。

喷射砼水灰比为 0.45~0.5,变化范围很小,由喷射手掌握其大小,实际操作中比较容易做到。水灰比过小,喷射出的砼常出现干斑、龟裂,回弹量较大,严重时砼塌落;水灰比过大,常出现流淌、滑移和拉裂。正常水灰比时的砼表面光滑,呈湿润状,回弹小,粉尘少,喷射效率高。

4.2.3.3 养护

喷射面首次养护在终凝 2 h 后进行,持续 7 天。干旱高温期,白天每 2 h 进行一次,夜间适当养护。多雨、潮湿低温期,视情况酌情养护。新喷面遇雨天时,用防水布遮盖,避免雨水直接冲刷,坡边缘增设临时挡水,防止积水对坡面的冲刷和污染。

5 锚杆与边坡的检测

为及时、准确掌握边坡变形情况,沿基坑边缘布

设 18 个观测点,每天观测一次,有变形且未稳定时增加观测次数。检测结果表明,随开挖深度的增加,边坡水平位移和沉降相应增加,上层锚杆受力逐步增大,开挖与支护完毕后锚杆受力及边坡变形增长缓慢且逐渐趋于稳定。稳定时位移和沉降量均未超过设计允许的 0.35% 和 0.5% 范围;锚杆平均应力为设计值的 46%。

6 问题及措施

6.1 骨料含水率与粉尘控制

有关资料和施工实践证实,干式喷射砼骨料的平均含水率宜为 5%。当含水率较低时,骨料不易被水泥包裹,喷射过程中回弹量较大,喷射作业粉尘严重超标,危害人体健康。在无专用除尘设施时,可以往砂石料中适当洒水或使用排风扇将粉尘定向吹离喷射机。如果含水率较大($\nless 7\%$)时,拌合料易结块,喷嘴处料流不均,回弹大,也易引起堵管。这种情况下,向较湿料中掺加干料进行调配使用,不宜用加大水泥量的办法降低含水率,一方面不经济,也不能提高砼强度,而且会引起砼收缩增大,致使砼面出现收缩纹。有关研究结果也证明,水泥用量 400 kg/m³ 时,喷射砼的强度并不随水泥用量增加而增加,相反,用量最大时,拌合料在喷嘴处瞬间与水混合不均,水泥水化不充分导致强度下降。

6.2 气温、水温对喷射效率的影响

规范规定,喷射作业区的气温不应低于 5℃;混合料进入喷射机时的温度不应低于 5℃。施工实际情况表明,低温喷射作业效率低、效果差,其原因是温度较低时的水泥水化反应速度慢,表现为喷射砼呈离析状,粘性差,附着力小,喷射作业回弹大,易出现坍塌、滑裂,砼面粗糙,无光泽。出现这种情况时,应对骨料进行保温存放,抽用地下水对水箱进行保温、加热,效果明显。

6.3 安全事项

高空作业时,必须保证喷射手有足够的工作台面,台面外设防护栏,增配助手进行扶管、移管,作业人员要配戴安全帽、防护眼镜和安全带。

喷射机进气管上安装应急排气阀,以便发生堵管时及时排气减压,送气输通料管时,喷射手需将喷嘴固定好,防止喷嘴反射和出料伤人;人工敲击输通时找料管软硬交界处击打,排堵准确,效果好。

6.4 试块制作

喷射砼与现浇砼工艺差别大,施工中不宜采用直接向试模内喷射砼制作试块。因为在喷射条件

下 ,本应回弹掉的骨料由于受试模壁面的约束 ,不能自由溅落 ,易集于试模边角部位 ,试块密实性差 ,导致强度比实际喷射砼强度低。根据施工经验 ,在拌合干料中取样搅拌制作试块或向较大容器内喷射砼再切割试块 ,其结果与在喷射砼上切块或钻孔取样检测结果基本相符 ,满足砼设计强度要求。取样数量 规范规定每喷射 50~100 m³ 拌合料或小于 50 m³ 拌合料的独立工程 ,不得少于 1 组 ,每组不少于 3 个。

7 结语

采用喷锚支护工艺完成的西安高新开发区国际

商务中心深基坑边坡支护工程 ,经受了雨季和基础施工期的考验 ,监测证实了边坡的稳定性 ,保障了基础的安全施工和周边构筑物的安全 ,证实了边坡支护是安全可靠的。与其它支护方案比较 ,喷锚支护工艺简便、结构简单、经济实用 ,是黄土地区边坡支护技术有效手段之一 ,具有广阔的应用前景。

参考文献 :

[1] 程良奎 杨志银. 喷射混凝土与土钉墙[M]. 北京 :中国建筑工业出版社 ,1998.
[2] GBJ 86—85 地基与基础规范[S].