

组合支护方式在大连地区深基坑支护中的应用

张绍波¹, 刘亮¹, 柯善鸿², 陈晨³

(1. 辽宁师范大学, 辽宁 大连 116029; 2. 辽宁地质海上工程勘察院, 辽宁 普兰店 116200; 3. 辽宁地质工程勘察施工集团公司, 辽宁 沈阳 110032)

摘要:大连地区的土层结构较为复杂,在实际工程施工过程中,经常采用组合支护方式。在某工程中,通过进行对于两种情况下的基坑稳定性计算、支护方案设计以及后期施工效果的观测,验证了人工挖孔桩与劲性桩相结合、管式锚杆与锚索相结合、挂网喷射混凝土的联合支护方式对于复杂土层结构的深基坑支护具有良好的效果,是组合支护方式在大连地区深基坑支护中的成功应用。

关键词:深基坑;组合支护方式;人工挖孔桩;劲性桩;管式锚杆;锚索

中图分类号:TU473.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2011)03-0061-03

Application of Combined Support to Deep Foundation Pit in Dalian/ZHANG Shao-bo¹, LIU Liang¹, KE Shan-hong², CHEN Chen³ (1. Liaoning Normal University, Dalian Liaoning 116029, China; 2. Liaoning Province Geology Haishang and Engineering Exploration Institute, Pulandian Liaoning 116200, China; 3. Liaoning Geological Engineering Investigation and Construction Group Corporation, Shenyang Liaoning 110032, China)

Abstract: The combined support is usually used in the region of Dalian due to its complex ground structure. In one project, calculations, support designs and observations of the construction results have been carried out for foundation pit stability under different conditions, and it is proved that the combination of the hand-dug pile with the stiffness pile, the anchor cable with anchor bolt, and the woven net with sprayed concrete, provides better support for the foundation pit in complex ground, and also a successful field case in support of deep foundation in Dalian.

Key words: deep foundation; combined support; hand-dug pile; stiffness pile; anchor bolt; anchor cable

大连地区的土层结构较为复杂,多常见为土岩组合形式,即上层土层为回填土、碎石,下层为岩石。这种土层结构给选取基坑支护方式带来了一定难度。近年来,组合支护方式作为一种针对此种土层特征的、经济而有效的基坑支护形式,在工程中得到越来越广泛的应用。

1 单一支护方式的局限性

单一的桩锚组合支护是很难满足大连地区复杂的土层结构支护设计的。人工挖孔桩是一种造价较低的排桩支护方式,可是在遇到土岩组合,且岩石面起伏较大时,人工挖孔桩的可行性遇到了障碍,在不改变人工挖孔施工方式的前提下,很难达到预期桩长;劲性桩也是排桩的一种,冲击钻成孔,方便快捷,但是它在支护中发挥的是预支护作用,由于抗弯能力不够,不能单独作为支护形式;管式锚杆在土层中极易成孔,是一种非常有效的支护形式,可是在岩石层中,由于钻具功率和钻杆形式的限制,无法成孔;预应力锚索在强中风化岩石层中极易成孔,但是在

回填土层中,又会发生塌孔现象,不能成孔。因此,在大连地区复杂的土层结构中,单一的支持方式是难以满足支护要求的。

2 组合支护方式的应用

在实际工程施工过程中,经常采用组合支护方式,即人工挖孔桩、劲性桩、管式锚杆、预应力锚索联合使用。基本方法是将土层沿岩面分为上下两部分,上部分为杂填土、碎石,采用人工挖孔桩加锚杆支护方式,人工挖孔桩挖至岩层顶面,在此基础上采用爆破技术,再将其下挖1~2 m,使其嵌入下部岩石层,锚杆在人工挖孔桩桩间打取,外部用槽钢做腰梁进行连接,贴在人工挖孔桩外侧,张拉受力,锁住桩体,桩锚组合支护上部土层。下部分为岩石层,采用劲性桩加锚索支护方式,钢管桩施工待基坑开挖至见岩标高,在人工挖孔桩内侧,用冲击钻钻孔,注浆,使其桩顶标高比人工挖孔桩桩底标高高出1 m,两者靠重叠部分衔接受力,预应力锚索在劲性桩之间打取,外部用槽钢做腰梁进行连接,贴在劲性桩外

收稿日期:2010-10-27; 修回日期:2011-01-13

作者简介:张绍波(1965-),男(汉族),黑龙江人,辽宁师范大学副教授,岩土工程专业,从事教学与科研工作,辽宁省大连市辽宁师范大学987信箱,111414905482@sina.com。

侧,张拉受力,锁住桩体,桩锚组合支护下部岩石层。

在施工过程中,劲性桩施工有时由于基坑排土下挖,无法与人工挖孔桩以整体岩石的方式牢固相接,它们之间存在平均 500 mm 厚度的间隙,对此,需要采用支模、打钢筋混凝土面板墙的技术,使劲性桩和与人工挖孔桩衔接为一个整体。在钢管桩外壁支模板,模板高度为钢管桩桩顶标高下 500 mm,内部编制 $\text{Ø}8$ mm、间距 200 mm \times 200 mm 钢筋网,在锚索施工部位用直径 200 mm 的 PVC 管做成的预埋件进行预埋,最后浇注 C25 混凝土。在浇注过程中分两次浇注,间隔时间为 6 h,防止压力过大,混凝土胀裂模板,最后形成 600 mm 厚度的钢筋混凝土面板墙,作为劲性桩和人工挖孔桩的加固衔接(直观衔接方式见图 1)。

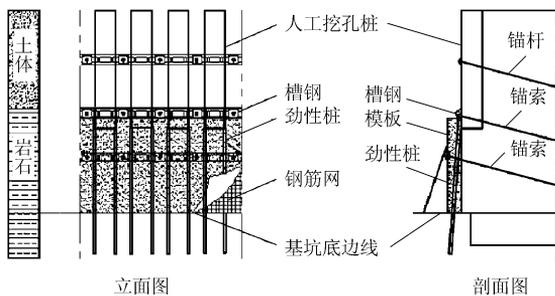


图 1 劲性桩和人工挖孔桩的加固衔接示意图

这种组合支护方式从根本上解决了大连地区土层复杂、难以施工的问题,也节省了工程造价。

3 工程实例

大连是一个具有典型的复杂山区丘陵地貌特征的城市,在海岸地区更是由于人工回填土层的干扰,给工程施工带来了相当大的难度。星海国宝精品艺术酒店及酒店式公寓项目基坑支护工程位于大连市星海广场附近,北靠山体,南朝黄海,拟建建筑物带有 3 层地下室。该基坑安全等级为一级,支护性质为临时性支护。本工程场地地势高低起伏较大,施工面标高 9.41 ~ 22.64 m;场地地貌单元属于海漫滩和低丘陵斜坡。

3.1 工程地质概况

该基坑深度 8.58 ~ 13.17 m,通过工程勘察资料显示,自上而下出露杂填土、淤泥质土混砾石、砂卵石、中风化板岩,中风化石英岩。

岩土体参数取值见表 1。

3.2 基坑稳定性计算

本工程基坑的稳定性计算采用理正岩土计算软件 5.11 版中的边坡稳定分析和岩质边坡分析 2 个

表 1 场地岩土体参数取值表

土层名称	粘聚力 c/kPa	内摩擦角 $\varphi/(\text{°})$	重度 $\gamma /(\text{kN} \cdot \text{m}^{-3})$	侧摩阻力 q_{sk}/kPa
杂填土	15	10	15	20
淤泥质土混砾石	10	4	16	180
砂卵石	0	22	20	150
中风化板岩	80	28	26	300
中风化石英岩	80	28	26	400

模块,按 2 种情况同时进行验算。

第一种情况是计算分为 2 个步骤,按照土层信息,以土层和岩石的分界面为界限分为 2 个部分加以计算,对上层部分进行等厚土层稳定性分析验算,采用圆弧法进行计算,设计桩锚支护以达到安全系数要求;下层部分的验算则是在把上层验算完成的部分看做均布荷载的基础上,按岩质结构体进行简单平面滑动稳定分析验算,采用直线法进行计算,设计锚索支护以达到安全系数要求(计算模型见图 2)。

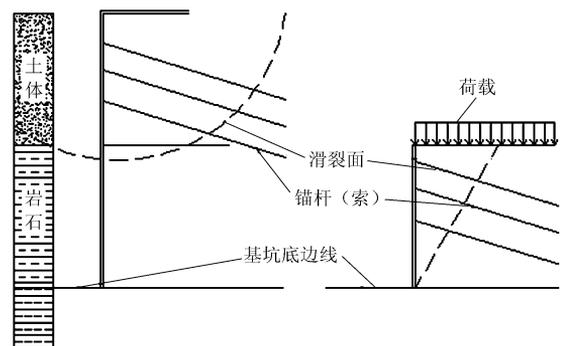


图 2 情况一计算模型

第二种情况是从上到下直接进行整体稳定性验算,按不同的土层信息进行等厚土层稳定性分析验算,采用圆弧法进行计算,不区分土层和岩层,设计桩锚支护以达到安全系数要求(计算模型见图 3)。

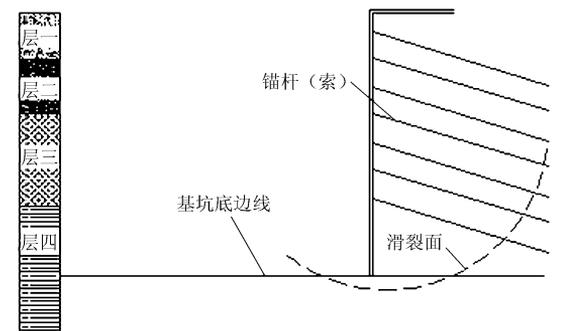


图 3 情况二计算模型

经 2 种情况的整体稳定性核算,基坑支护安全系数均达到 1.35 以上,符合要求。

3.3 基坑支护设计方案

本工程采用人工挖孔桩(劲性桩) + 管式锚杆

(锚索)+挂网喷混凝土面层组合支护体系。

3.3.1 人工挖孔桩

人工挖孔灌注桩径为1.0 m,间距为1.8 m,桩孔定位时要反复与设计图核准,在确定无误后方可施工,确保每个桩孔定位准确。严格控制桩孔的垂直度,在施挖过程中,应随时检查桩径偏差和桩中心距桩边的半径偏差,直至挖到持力层,并轴线倾斜度必须控制在施工规范以内,以确保施工精度。钢筋笼下入时,焊接时应准确定位,以保证与井的同心度。桩芯混凝土、冠梁混凝土等级为C25,桩芯混凝土采用商品混凝土一次浇筑完成,支护桩钢筋保护层厚50 mm,支护桩在挖掘过程中应间隔施工,如施工过程中遇基岩无法继续挖掘,采取爆破手段继续下挖,应保证桩嵌入完整岩石不少于1.0 m。

3.3.2 劲性桩

劲性桩采用岩心钻机成孔,钻进过程中应严格控制进尺速度,以保证钻孔垂直度。劲性桩与支护桩间距0.5 m,劲性桩采用直径108 mm、壁厚6 mm无缝钢管,钻孔孔径130 mm,入基坑底部2.0 m,劲性桩水平间距0.9 m,位于人工挖孔桩桩体两侧,不妨碍锚索施工,与支护桩搭接长度1.0 m,孔内灌注M30水泥浆,劲性桩顶端用一根通长的[25b槽钢焊接水平相连。

3.3.3 管式锚杆

采用XY-4型履带式岩心钻机钻进工艺,即利用该钻机的大扭矩、低转速、移动灵活的特点实施锚杆贯入,管式锚杆采用D50地质钻杆,设计强度570 MPa。管式锚杆钻孔孔径50 mm,水平间距1.8 m,竖向间距2.00 m,锚固段为花管,孔眼直径5 mm,间距300 mm交错布置。管式锚杆注浆采用灰水比1:0.45素水泥浆注入,注浆压力控制在1.5~2.5 MPa之间,以保证注浆密实度,达到可靠锚固力。

3.3.4 预应力锚索

锚索孔成孔采用MD-50型锚孔钻机,高压冲击和旋转相结合,从而保证钻孔顺直、锚孔成孔质量和成孔速度,预应力锚索采用 $3 \times 7\phi 5$ 钢绞线,设计强度1320 MPa,锚索钻孔孔径130 mm,水平间距1.8 m(2.0 m),竖向间距依计算大小不等,锚索呈梅花状交错布置。锚索孔注浆采用灰水比为1:0.45素水泥浆注入,注浆压力控制在1.5~2.5 MPa之间,以保证注浆密实度,从而使锚固力达到要求。

3.3.5 挂网喷射混凝土

钢筋网采用 $\phi 6.5 @ 200$ mm双向钢筋网, $\phi 6.5$ mm盘圆较直后在施工面直接编制,并与植钉绑扎,

喷射用混凝土水泥强度采用P.O32.5复合硅酸盐水泥;碎石粒径不大于15 mm,宜采用连续粒级、含泥量不大于1%。砂子的细度模数应大于2.5,含泥量不大于3%,水泥与砂石的质量比控制在1:4~1:5,水灰比0.4~0.5,砂率为45%~60%,水泥用量不小于 400 kg/m^3 ,砼坍落度为80~130 mm,喷射混凝土厚度100 mm,泄水孔采用D100PVC管,2.0 m \times 2.0 m网格状布置,倾角5°,后设反滤层。

3.4 施工效果的检验

从基坑开挖至地下室土方回填前,对基坑侧壁的水平位移和竖向沉降进行跟踪观测。基坑开挖后按规范布置监测点,在冠梁顶部每隔20 m设置一个标尺监测点,用经纬仪每隔3~4天监测一次,雨季加大观测频率,及时记录位移变化,每天的变化不得超过2 mm,顶部水平位移累积量不得大于30 mm。经过严密监测,本基坑水平位移量每天的变化均在2 mm范围内,水平位移累积量为10 mm,小于30 mm规范要求,竖向沉降基本为零,未出现裂缝等不良现象,基坑支护加固效果良好。

4 结论

组合支护方式成功解决了大连地区地层复杂、难以确定支护方案的难题,破除了单一支护方式的局限性,并且节省了机械挖孔的造价,这种人工挖孔桩与劲性桩相结合、管式锚杆与锚索相结合、挂网喷射混凝土的联合支护方式,以其成熟的施工技术、经济可靠的施工方法,在基坑支护设计及施工中得到了广泛的应用。

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),2008,35(3).
- [2] 黄举松,谭金娥,李志明.边界环境复杂条件下基坑支护施工技术分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(11).
- [3] 马赞.鞍山国际明珠大厦深基坑支护设计与施工[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(7).
- [4] 李华杰,史晓军,孙刚.岩土结合地质条件下深基坑工程施工技术[J].青岛理工大学学报,2008,29(3).
- [5] 王会娟,李向华.深基坑支护工程中的锚杆应用[J].建筑工程(黑龙江科技信息),2010,7(265).
- [6] 江政炎,陈飞.喷锚与桩锚支护在中南花园酒店深基坑工程中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(12).
- [7] 姜涛.深基坑支护设计中多层土物理力学参数分算与合算的研究[J].民营科技,2009,(3).
- [8] 程兵,向文凤.锁扣钢管桩基坑支护稳定性验算[J].工程与建设,2010,24(2).