

北京地区基坑排桩支护结构设计与施工实践

张朝晖

(北京市市政六建设工程有限公司 北京 100026)

摘 要 根据从事北京地区基坑排桩支护结构设计与施工的实践体会,介绍了北京地区基坑排桩支护的特点,设计中主要考虑的因素及施工中的注意事项。

关键词 北京地区 基坑支护 排桩 设计与施工

中图分类号 :TU46⁺3 **文献标识码** :A **文章编号** :1000-3746(2002)S1-0026-04

近年来,随着我国高层建筑和城市地下空间利用的发展,促进了基坑工程设计和施工技术的发展。各地根据各自的地质水文条件,发展了许多不同的基坑支护方式,达到了预期的支护效果。但也有一些基坑支护工程,由于设计或施工过程中的失误,导致了支护失败,造成了重大的经济损失,并延误了建设周期。因此,如何保证基坑支护工程既安全可靠,又经济合理,已经成为当前城市建设的一项课题。

北京地区由于用地紧张,基坑工程数量多,规模大,有些基坑的开挖深度超过了 20 m,基坑支护技术得到快速发展,支护形式也是多种多样。其中排桩支护方式在北京地区应用较为广泛。笔者曾多次参加基坑支护工程的设计与施工,特别是对排桩支护,在支护设计重点考虑因素、施工注意事项方面有几点看法和体会,不足之处,请多批评指正。

1 基坑排桩支护的特点

1.1 北京地区的地质水文特征

北京地区属于第四纪冲击平原。基坑支护工程多集中在城区,主要地层情况为:①人工堆积层,包括房渣土、碎石填土和粘质粉土、粉质粘土、填土,厚度为 1.0~6.0 m,部分能达到 10.0 m 以上;②粘质粉土、粉质粘土或砂质粉土互层,厚度达 5.0~10.0 m;③砂砾卵石层;④粘质粉土或粉质粘土层。从地域分布看,东部以填土、粘土粉土、砂层为主,西部以填土、砂层、卵石层为主,中间夹有粘土粉土。与软土地层相比,土层条件相对较好,对于基坑支护有利。

基坑支护范围内,地下水主要有 3 层,第一层为

上层滞水,埋藏在填土层和粘土粉土层,主要受大气降水和管线渗水的影响,北京城区地下管线众多,尤其是污水、上水和热力管线的漏水,对基坑支护影响较大;第二层为层间潜水,埋藏在粉土层和砂层,一般在地下 10~15 m;第三层为承压水,埋藏在砂层和卵石层中,一般在地下 20 m 以下。基坑支护时一般均采取降水措施。

1.2 基坑排桩支护特点

北京地区主要基坑支护方式有:自然放坡、钢板桩支护、地下连续墙支护、土钉墙支护、排桩支护(包括悬臂式、锚拉式、内支撑式、土层锚杆式)等。各种支护方式均有其特点。排桩支护以其支护方式安全可靠,适应范围广,造价经济的特点,在北京地区得到广泛应用。

(1)施工工艺成熟。护坡桩和锚杆施工工艺经过多年实践已经非常成熟,施工质量可得到有效保证。护坡桩成孔可采用正反循环钻机、冲击钻机、螺旋钻机、旋挖钻机等多种机械,锚杆成孔可采用洛阳铲、锚杆钻机机械,施工可选性强,能在较小的场地内施工。

(2)支护结构安全可靠。排桩支护是一种刚性支护结构,能有效控制基坑水平位移,保证基坑和周围建筑物的安全,也便于加固补救措施实施。这在基坑周边建筑物较多,不允许发生基坑支护事故的北京地区是十分必要的。

(3)支护形式多样。排桩支护可根据基坑深度和周围建筑物情况,采取悬臂式、内支撑式、锚拉式、锚杆式或综合式支护结构形式,施工单位可根据情况灵活选择,便于实际施工。其中:

收稿日期:2001-01-04

作者简介:张朝晖(1970-),男(汉族),河北保定人,北京市市政六建设工程有限公司基础工程处副主任,工程师,探矿工程专业,硕士,从事市政工程施工和基坑支护工程设计施工工作,北京市朝阳区麦子店甲 8 号(010)65011923。

悬臂式 基坑深度 $<10\text{ m}$;
锚拉式或一层锚杆 基坑深度 $10\sim16\text{ m}$;
内支撑式或多层锚杆 基坑深度 $>16\text{ m}$ 。
(4)工程造价合理。排桩支护工程造价较地下连续墙支护便宜 ,较土钉墙支护贵 ,处于中等。但相

对土钉墙支护 ,槽壁直立 ,无须放坡 ;支护结构完成一次挖至槽底 ,不必分层开挖分层支护。
排桩支护实例见表 1 ,与其他支护方式的比较见表 2。

表 1 排桩支护实例

序号	工程名称	基坑深度/m	支 护 结 构
1	北辰综合楼	10.16~11.16	悬臂式排桩 桩径 800 mm 桩长 13 m
2	嘉海大厦	16.1	排桩加 1 层锚杆 桩径 800 mm 桩长 16 m ,锚杆设在 -7.0 m ,锚杆间距 1.6 m
3	首都时代广场	20.03	排桩加 3 层锚杆 桩径 800 mm ,嵌固 5.5 m ,锚杆设在 -5.5、-11.5、-16.5 m ,一桩一锚
4	北京东方广场	21	排桩加 3 层锚杆 桩径 800 mm 桩间距 1.5 m
5	国贸二期工程	18.6	排桩、2 道钢支撑加 1 层锚杆 桩径 800 mm ,锚杆设在 -14.0 m ,钢支撑设在 -2.5、8.0 m

表 2 排桩支护与其他支护方式比较

支护结构名称	适宜支护深度/m	适应的地质条件	特点	工程造价	工期
排桩支护	悬臂 <10 ,锚杆或内支撑 >10	粘土和粉土层 ,砂层和砾卵石层	施工方便快捷 ,北京地区大量使用	中	快
地下连续墙	>10	各种土质	整体性好 ,需大型设备	高	慢
土钉墙	<15	粘土、粉土及砂层	分步开挖分步支护	低	中
钢板桩	6~15	软土	钢板拔除可重复使用	中	中
自然放坡	<10	粘土及粉土	施工简单 ,但受现场条件限制	最低	快

2 基坑排桩支护设计主要考虑的因素

2.1 土层参数的选取

土层参数的选取对基坑支护结构的设计极为重要 ,尤其是抗剪强度的选取。一般岩土勘察报告中的抗剪指标是用三轴剪切仪快剪得出的结果 ,它代表的是施工前地层情况。但是基坑开挖前一般进行降水 ,土层中土的孔隙水应力逐渐消失 ,抗剪强度有所增加。北京地区土层属永定河冲击层 ,其抗剪强度统计值见表 3。

表 3 北京地区土层抗剪强度统计值

土层	内摩擦角/($^{\circ}$)	粘聚力/kPa
粘土	4.5~28.0	7.4~84.0
粉质粘土	2.0~35.5	11.0~76.3
粘质粉土	15.5~38.5	4.0~59.0
砂质粉土	26.0~41.0	11.0~45.0
砂卵石	0	28.0~45.0

2.2 考虑基坑的空间效应

基坑的支护是一个空间问题 ,基坑深度是支护设计的重点 ,基坑形状对支护结构设计也十分重要。

对排桩支护来说 ,一般基坑短边受两侧的约束较大 ,变形位移量小 ,而长边受两侧的约束较小 ,排桩变形位移量大 ;基坑阳角的支护形式优于阴角的支护形式 ;采用圆弧形、椭圆形和双曲线形的排桩支护结构 ,改变排桩的受力形式 ,由受弯改变为受压 ,充分发挥桩的受压特性 ,在排桩结构相同的情况下

(直径、嵌固深度和配筋量) ,可达到更好的支护效果。

如在北辰综合楼基坑支护工程 ,基坑深 10.16~11.16 m ,采用悬臂排桩支护方式 ,基坑北侧长直边约 120 m ,观测桩顶位移 35 mm ,基坑西侧为半圆状 ,直径约 45 m ,桩顶位移为 6 mm。

2.3 考虑基坑周围的环境影响

基坑周围建筑物情况、地面荷载情况和地下管线情况 ,也是基坑支护设计应特别考虑的因素。

地面荷载分为一般均布荷载和特殊集中荷载。一般均布荷载指一般情况下考虑的地面荷载 ,一般取 15~20 kPa。特殊集中荷载 ,是指塔吊、泵车和商品砼罐车等下步工序所必需的重型设备 ,它们的使用频率很高 ,在基坑支护结构设计中必须加以考虑。

另外基坑周围经常有高层建筑物和各种重要地下管线 ,为保证它们的安全 ,必须在基坑支护结构设计中考虑 ,适当加大整个基坑支护结构的安全系数。如周围楼房 ,集中载荷可按 15 kPa/层计算 ,并根据楼房距基坑距离和基础深度等因素 ,进行折算。

2.4 考虑多种支护方式

在基坑支护结构设计中 ,必须兼顾安全性和经济性 ,根据基坑各边的深度和周边情况的不同 ,采用多种支护形式 ,以期在保证基坑安全的前提下 ,达到节约成本的目的。如在基坑各边采用排桩悬臂和加

锚杆的 2 种形式 ,基坑上部采用土钉墙支护或挡土墙支护 ,下部采用排桩支护 ,都不失为一种降低造价的好方案。

3 基坑排桩支护工程施工中的注意事项

3.1 重视桩顶锁口梁的作用

桩顶锁口梁将各单独受力的护坡桩连成整体 ,在基坑开挖时 ,有调节各桩的受力的作用。特别是在双排桩支护结构中 ,锁口梁的作用尤为明显。据文献[2] ,桩顶未筑锁口梁 ,是造成南京交通银行基坑支护事故的重要原因之一。另外 ,由于锁口梁在挖土过程中受损 ,造成基坑支护失败的事例也不鲜见。

锁口梁还可作为桩顶支撑的受力点和锚杆的支撑腰梁。

3.2 做好桩间护壁和桩后土层防护

在基坑支护施工中 ,作好桩间护壁 ,能有效避免桩间土受滞水或雨水冲刷 ,而影响桩的稳定。在护壁预留泄水口及时排除层间滞水 ,也十分重要。

作好桩后背土层防护 ,如桩后背地面硬化 ,可防止雨水等对桩后土层的浸泡使地面载荷均匀作用。雨水浸泡使得土层含水量增加 ,土的抗剪强度降低 ,土容重加大 ,对桩土压力增大。另外如措施不力 ,造成桩后背土层遭到冲刷 ,土层松动坍塌 ,可造成对支护结构的瞬间冲刷力 ,可能引起支护结构破坏。有资料多次显示由于管道跑水、雨水冲刷而造成支护结构失败的事例。

建立槽底明排沟渠 ,及时排除槽底积水 ,避免水的浸泡使得土的被动土压力降低 ,并尽快进行垫层施工以加大土的被动土压力 ,是保证基坑支护结构稳定的必要手段。

在北辰综合楼基坑支护结构完成 ,进行地下室施工时 ,正值雨季 ,由于雨水浸泡和地下污水渗水 ,造成桩间钢丝网水泥抹面护壁失败 ,基坑南侧西段约 20 m 长的桩间土塌落高度 4 m ,部分位置桩全部露出 ,直接影响基坑稳定 ,为此采取在桩背后别 5 cm 厚木板 ,板后回填砂石 ,地面抹 5 cm 水泥砂浆 ,并对渗水管线进行处理 ,支护结构得到稳定 ,保证了基坑安全。

3.3 加强桩内力、变形和周围建筑物的沉降观测

由于基坑开挖过程中 ,基坑支护结构存在很多潜在的危险性和破坏的突然性 ,并受到地质、水文、冬雨季等复杂多变因素影响 ,很难在理论上估计可能出现的复杂情况 ,而周围的建筑物和重要管线必

须保证绝对安全 ,所以为使基坑支护结构安全可靠 ,就必须进行桩的内力与变形观测 ,进行周围建筑物的沉降观测 ,可根据监测的数据及时反馈信息。一是如有异常情况 ,可采取应急措施 ,防止支护结构失败 ;二是积累成功的支护方案的监测数据 ,为类似基坑支护设计提供经验参考。

4 基坑排桩支护工程实例

4.1 同一基坑各边采用不同的支护方式

笔者参加设计与施工的东直门外大楼基坑支护工程 ,由于基坑深度变化比较大 ,形状复杂 ,周围建筑物情况不同 ,故采取了多种基坑支护形式 ,保证基坑支护既安全、又经济。

4.1.1 工程概况

工程地点位于东直门外大街 ,基坑边长约 260 m ,大致呈直角梯形 ,其中北侧为斜边 ,长 75 m。基坑西侧深 12.9 m ,东侧深 9.7 m。场地地质情况如表 4。

表 4 东直门外大楼基坑场地地质情况

序号	土层名称	厚度/m	内摩擦角/(°)	粘聚力/kPa
1	杂填土	3.2	10.0	10.0
2	粘质粉土	1.7	10.0	12.2
3	粉质粘土	7.5	12.0	21.2
4	粘质粉土	1.5	10.0	12.2
5	粉质粘土	5.0	10.0	21.2

4.1.2 支护方案设计

根据基坑深度及周边建筑物情况 ,设计支护结构为 3 种 ,见表 5。

表 5 东直门外大楼基坑支护结构方案

序号	支护部位	基坑深度/m	周边建筑物	支护形式	护坡桩配筋	桩径/mm
1	南北两侧	12.9	无	护坡桩 + 锚杆	13 ϕ 25	800
2	西侧	12.9	距 6 层楼 2 m	双排桩支护	10 ϕ 25	600
3	东侧	9.7	无	悬臂桩支护	11 ϕ 25	800

4.1.3 位移观测

在每侧锁口梁顶设 2~4 个水平位移观测点 ,基准点设在基坑 20 m 以外 ,在基坑开挖过程中每天观测 2 次 ,至观测不到位移变化为止。经观测 ,桩顶水平位移均在设计范围之内 ,其中西侧位移 10 mm ,南北侧位移最大为 16 mm。

4.2 基坑分上、下部位采用 2 种支护方式

笔者参加的东四环热力管线边坡支护工程 ,由于管线埋深变化大 ,场地有一定放坡条件 ,浅槽区采用喷锚支护 ,深槽区采用上部喷锚支护、下部排桩支

护的形式。此方法能有效利用施工现场条件 ,尽可能降低施工成本。

4.2.1 工程概况

该工程位于东四环沿线 ,基坑深度 13 m。地质条件见表 6。

表 6 东四环热力管线边坡地质条件

序号	土层名称	厚度 /m	内摩擦角 $\varphi(^{\circ})$	粘聚力 /kPa
1	杂填土	1.4	10.0	10.0
2	素填土	2.4	10.0	10.0
3	粘质粉土	2.9	27.0	16.0
4	粉质粘土	4.0	15.0	16.0
5	砂质粉土	1.5	22.0	22.0
6	粉细砂	3.3	36.0	0
7	中粗砂	1.4	40.0	0

4.2.2 支护方案设计(见表 7)

表 7 东四环热力管线边坡支护方案

序号	支护部位	基坑深度 /m	放坡情况	支护形式
1	基坑上部	6.5	1:0.67	锚喷
2	基坑下部	13.0	直立	排桩 + 桩顶工字钢支撑

4.2.3 位移观测

在每侧锁口梁顶设 5 个水平位移观测点 ,基准点设在基坑 20 m 以外 ,在基坑开挖过程中每天观测

2 次 ,至观测不到位移变化为止。经观测 ,桩顶水平位移均在设计范围之内 ,其中最大位移为 15 mm。

5 结语

通过以上分析 ,排桩支护在北京地区基坑支护中应用广泛 ,具有一定优势。在基坑排桩支护的设计与施工过程中 ,应注意以下几点 :

(1)根据基坑深度、地层参数、基坑周边环境情况 ,做好基坑支护设计方案的优选 ,在同一基坑采取多种支护方式 ,可达到基坑支护安全性和经济性的统一 ;

(2)在基坑排桩支护工程施工中 ,注意锁口梁的重要作用、地层渗水和雨水对支护安全性的影响 ;

(3)做好基坑支护的施工监测 ,及时反馈信息 ,确保支护安全 ,并积累数据 ,在类似的基坑支护中 ,设计出更合理安全的支护方案。

参考文献 :

[1] JGJ 120—99 ,建筑基坑支护技术规范 [S].
[2] 唐业清 ,等 . 基坑工程事故分析与处理 [M]. 北京 :中国建筑工业出版社 ,1999.
[3] 张钦喜 ,孙家乐 . 北京世界金融中心工程深基坑降水及支护桩设计 [J]. 地基与基础工程 ,1998 (2).